



**Vítor Hugo Gordalina
Valente**

**EFEITOS DO RUÍDO NO CORPO HUMANO EM
AMBIENTE DE DISCOTECA**



**Vítor Hugo Gordalina
Valente**

**EFEITOS DO RUÍDO NO CORPO HUMANO EM
AMBIENTE DE DISCOTECA**

dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Doutor João Ramos, Professor coordenador do Departamento de Engenharia Ambiente da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria.

o júri

presidente

Professora Doutora Ana Isabel Couto Neto da Silva Miranda

professora associada do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro
(Directora de Curso)

Professor Doutor João António Esteves Ramos

professor coordenador Departamento de Eng.^a Ambiente da Escola Superior de Tecnologia e
Gestão de Leiria (Orientador)

Professor Doutor Nuno António Neves Nunes

professor adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Politécnico de Setúbal
(Co-Orientador)

Professor Doutor Carlos Jorge Mariano Miranda Dias

professor auxiliar do Departamento de Ciências dos Materiais da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os que directa ou indirectamente contribuíram para a conclusão deste estudo, com particular destaque aos meus orientadores, Professor Doutor João Ramos e Professor Doutor Nuno Nunes, pelo aconselhamento e acompanhamento prestado, ao Professor Doutor John Krantz do Hanover College pela prestabilidade na temática dos testes cognitivos, a todo o *staff* da discoteca pela amabilidade e disponibilidade revelada, ao Dr. Paulo Enes pelos esclarecimentos prestados na área da otorrinolaringologia, ao Dr. Rui Nunes pela cedência do espaço físico e equipamento necessário à execução deste estudo e à audiologista Maria da Luz por todo o auxílio prestado na realização de exames de audiologia. Gostaria também de agradecer à ESTG/IPLeiria pelo equipamento e todas as condições de trabalho facultadas e ainda a todos os meus amigos e intervenientes neste estudo sem os quais não teria sido possível a sua conclusão.

palavras-chave

Efeitos auditivos, efeitos extra-auditivos, corpo humano, exposição sonora, audição, ruído.

resumo

As discotecas são, de um modo geral, frequentadas por uma população jovem que pretende desfrutar de momentos de prazer e de convívio. No entanto, existe a noção, tanto para quem as frequenta como para quem habita na sua vizinhança, que nestes locais usualmente se praticam níveis de ruído demasiado elevados. Este estudo pretende averiguar os efeitos do ruído de discoteca no corpo humano procurando desta forma estabelecer uma relação de causa efeito.

Para atingir o objectivo proposto foram efectuadas e registadas medições em contínuo dos níveis de pressão sonora numa discoteca, de forma a caracterizar este tipo de ruído em amplitude e frequência. Com base neste registo procedeu-se à simulação de uma exposição típica de ruído de discoteca, em ambiente laboratorial controlado (isento de outras condicionantes como luz, tabaco, álcool e outras drogas), ao qual foi submetido um grupo de indivíduos na faixa etária dos 24 aos 30 anos, sem antecedentes patológicos no que se refere aos efeitos expectáveis de tal exposição, e um outro grupo de indivíduos na faixa etária dos 24 aos 41 anos, composto por DJ's com experiência mínima de 5 anos no mundo da música. Este estudo contou ainda com a participação de um grupo de controlo (G1), em tudo idêntico ao grupo G2 excepto no facto de não ser alvo de exposição sonora. Todos estes grupos foram alvo de inquéritos, testes e exames clínicos adequados ao trabalho em causa, com vista à qualificação e quantificação dos efeitos do ruído no corpo humano.

keywords

Auditory effects, non-auditory effects, human body, sound exposure, audition, noise.

abstract

Discotheques are, generally speaking, used by young populations that seek out moments of pleasure and enjoyment. However, the perception remains for those who use and live near them, that the noise levels experienced in discotheques are typically exaggerated. The purpose of this study is to ascertain the effects of typical discotheque noise in the human body and through them establish a relationship between noise and health. In order to achieve this objective, discotheque noise was characterized, both in amplitude and frequency, through sound level pressure measurements. The next step comprehended an exposure simulation of the previous determined typical discotheque noise levels. This simulation took place in a controlled environment, free of conditions such as light, tobacco, alcohol and other drugs, with a first group of people (G2), with ages ranging from 24 to 30 years old and without pathological background concerning the predictable noise effects related to this kind of sound exposure. Another group of people (G3), with ages ranging from 24 to 41 years old, entirely constituted by Disc Jockeys with a minimum of 5 year experience in the musical field, was also exposed to the same noise levels. It was also established a control group (G1), identical in every aspect to the G2 group except for the fact that it was not target of noise exposure. All these three groups were object of several inquiries, tests and clinical trials suitable for the aim of this study, in order to quantify and qualify the effects of noise in the human body.

Índice de Títulos

1	Enquadramento.....	- 1 -
2	Objectivos	- 5 -
3	Conceitos de Acústica	- 7 -
3.1	Descrição Física de uma Onda Sonora.....	- 7 -
3.2	Análise Espectral	- 10 -
3.3	Definição de Ruído.....	- 11 -
3.4	Definição de Decibel.....	- 13 -
3.5	Malhas de Ponderação.....	- 13 -
3.6	Características do Ruído	- 16 -
3.7	Propagação das Ondas Sonoras	- 20 -
4	O Ouvido Humano.....	- 29 -
4.1	Ouvido Externo	- 30 -
4.2	Ouvido Médio.....	- 31 -
4.3	Ouvido Interno	- 32 -
5	Psicoacústica	- 41 -
5.1	Limiar de Audição.....	- 41 -
5.2	Intensidade Auditiva	- 45 -
5.3	Altura do Tom	- 47 -
5.4	O Timbre.....	- 48 -
5.5	Efeito de Mascaramento.....	- 48 -
5.6	Inteligibilidade.....	- 50 -
6	Efeitos do Ruído no Corpo Humano.....	- 53 -
6.1	Critérios de Risco de Danos Auditivos.....	- 53 -
6.1.1	CHABA.....	- 55 -
6.1.2	OSHA.....	- 55 -
6.1.3	EPA.....	- 56 -
6.1.4	NIOSH.....	- 56 -
6.1.5	Exército, Força Aérea e Marinha dos EUA.....	- 57 -
6.1.6	Música.....	- 57 -
6.1.7	ISO 1999.2	- 58 -
6.1.8	OIT.....	- 58 -
6.1.9	I-INCE	- 59 -
6.1.10	Legislação Europeia	- 59 -
6.2	Efeitos do Ruído na Audição.....	- 60 -
6.2.1	Perda de Audição Induzida pelo Ruído (PAIR).....	- 61 -
6.2.2	Audiogramas e Testes Audiométricos.....	- 62 -
6.2.3	Tinnitus	- 65 -
6.2.4	Susceptibilidade Individual	- 66 -
6.3	Efeitos Extra-Auditivos do Ruído.....	- 70 -
6.3.1	Sistema nervoso central.....	- 73 -
6.3.2	Distúrbios na comunicação	- 77 -
6.3.3	Alterações Psicológicas	- 77 -
6.3.4	Distúrbios no sono.....	- 78 -
6.3.5	Distúrbios Vestibulares.....	- 80 -
6.3.6	Infra-som e som de baixa frequência.....	- 81 -
7	Procedimento Experimental	- 91 -
7.1	Seleccção da Amostra Populacional.....	- 91 -
7.2	Caracterização do Ruído de Discoteca	- 92 -
7.3	Modelação Áudio	- 99 -
7.4	Exposição Simulada.....	- 101 -
7.5	Testes e Exames Clínicos	- 106 -
8	Análise e Discussão de Resultados.....	- 115 -
8.1	Inquéritos realizados	- 115 -

8.2	Amostra Populacional: Sexo e Idade.....	- 123 -
8.3	Caracterização do Ruído de Discoteca	- 126 -
8.4	Modelação Acústica: Exposição Simulada	- 130 -
8.5	Exposição Simulada: Efeitos Auditivos.....	- 133 -
8.6	Exposição Simulada: Efeitos Extra-Auditivos.....	- 140 -
9	Conclusões	- 153 -
10	Recomendações para trabalhos futuros.....	- 157 -
11	Bibliografia.....	- 159 -
12	Anexos	- 171 -
A.	Termo de Consentimento Informado (G1).....	A-1
B.	Termo de Consentimento Informado (G2 e G3).....	B-1
C.	Inquérito Inicial.....	C-1
D.	Inquérito Após Exposição	D-1
E.	Inquérito a Disco Jockey's	E-1
F.	Especificações do sistema FENDER ®.....	F-1
G.	Lista de Substâncias Ototóxicas	G-1
H.	Audiogramas do Grupo G1	H-1
I.	Audiogramas do Grupo G2	I-1
J.	Audiogramas do Grupo G3	J-1

Índice de Figuras

Figura 1 – Representação de uma onda sonora sinusoidal (adaptado de [Goeltzer, B., 2001])	- 8 -
Figura 2 – Comprimento de onda <i>versus</i> frequência, no ar sob condições normais (adaptado de [Goeltzer, B., 2001]) - 9 -	
Figura 3 – Análise espectral ilustrada.....	- 10 -
Figura 4 – Escala de decibéis relativa à pressão de referência de 20 μ Pa (adaptado de [NPC, 2000]).....	- 14 -
Figura 5 – Malhas de ponderação de frequência A, B, C e D (adaptado de [LE, 2007])	- 15 -
Figura 6 – Representação esquemática típica de um gráfico de ruído contínuo.....	- 17 -
Figura 7 – Representação esquemática típica de um gráfico L_p <i>versus</i> um gráfico L_{eq}	- 17 -
Figura 8 – Representação esquemática típica de um gráfico de ruído flutuante.....	- 18 -
Figura 9 – Representação esquemática típica de um gráfico de ruído impulsivo.....	- 19 -
Figura 10 – Exemplo de um ruído com características tonais na frequência de 250 Hz (adaptado de [GR, 2008]).....	- 19 -
Figura 11 – Representação de uma propagação esférica em campo livre (adaptado de [Goeltzer, B., 2001]).....	- 20 -
Figura 12 – Directividade de fontes sonoras. (a) Representação esquemática de uma fonte omnidireccional com igual energia; (b) Representação esquemática de uma fonte direccionada (adaptado de [Beranek, L., 1992]).....	- 21 -
Figura 13 – Alterações na propagação do som associadas à presença de obstáculos (adaptado de [AS, 2008] ^a)	- 22 -
Figura 14 – Reverberação numa sala de aula. Vias de propagação de som directo (a) e de som reflectido (b) (adaptado de [AS, 2008] ^b).....	- 23 -
Figura 15 – Tempo de reverberação (adaptado de [Fonseca, N., 2007])	- 23 -
Figura 16 – Variação do L_p em função do distanciamento à fonte sonora (adaptado de [Beranek, L., 1992])	- 24 -
Figura 17 – Exemplo de uma câmara anecóica (adaptado de [ATSP, 2008]).....	- 25 -
Figura 18 – Formação de uma onda estacionária (adaptado de [Nave, C., 2006] ^a)	- 26 -
Figura 19 – Interferências entre ondas sonoras (adaptado de [Nave, C., 2006] ^b).....	- 26 -
Figura 20 – Nódulos e anti-nódulos de ondas estacionárias (adaptado de [Nave, C., 2006] ^c).....	- 27 -
Figura 21 – Anatomia do ouvido (adaptado de [UpToDate, 2008])	- 30 -
Figura 22 – Ouvido médio.....	- 32 -
Figura 23 – Comunicação do ouvido médio com o ouvido interno	- 33 -
Figura 24 – Ouvido interno (adaptado de [BSE, 1999]).....	- 34 -
Figura 25 – Esquema da cóclea (adaptado de [Goeltzer, B., 2001])	- 34 -
Figura 26 – Corte transversal da cóclea (adaptado de [Wikipedia, 2004]).....	- 35 -
Figura 27 – Mapa de dispersão de frequências na cóclea (adaptado de [BSE, 1997] ^b)	- 36 -
Figura 28 – Células capilares internas e externas do órgão de Corti (adaptado de [Goeltzer, B., 2001]).....	- 37 -
Figura 29 – Estereocílios de uma célula capilar do órgão de Corti (adaptado de [Batts, S., 2007]).....	- 38 -
Figura 30 – Electromotilidade das células capilares externas (adaptado de [Oghalai, J., 2004])	- 39 -
Figura 31 – Síntese do mecanismo auditivo (adaptado de [Jensen, M., 2005])	- 40 -
Figura 32 – Campo da resposta sensorial humana (adaptado de [Somers, S., 2008]).....	- 42 -
Figura 33 – Alteração do limiar auditivo (adaptado de [Somers, S., 2008])	- 44 -
Figura 34 – Linhas de igual nível de intensidade auditiva para tons puros (adaptado de [Somers, S., 2008]).....	- 46 -
Figura 35 – Intensidade Auditiva N <i>versus</i> Nível de Intensidade Auditiva L_N (adaptado de [SP, 2008]).....	- 47 -

Figura 36 – Linhas de igual nível de intensidade auditiva para tons puros (adaptado de [SP, 2008])	- 47 -
Figura 37 – Alteração do limiar auditivo devido ao efeito de mascaramento (adaptado de [Wikipedia, 2007])	- 49 -
Figura 38 – Mascaramento a diferentes frequências (adaptado de [Kinsler, L., 2000])	- 50 -
Figura 39 – Inteligibilidade em conversação (adaptado de [Kinsler, L., 2000])	- 51 -
Figura 40 – Audiograma conducente de perda auditiva condutiva (adaptado de [HT, 2005])	- 64 -
Figura 41 – Audiograma conducente de perda auditiva neurosensorial (adaptado de [HT, 2005])	- 64 -
Figura 42 – Audiograma conducente de perda auditiva mista (adaptado de [HT, 2005])	- 65 -
Figura 43 – Factores e interferentes da PAIR (adaptado de [Pyykkö, I., 2007])	- 67 -
Figura 44 – Sensibilidade auditiva e limiar da dor para tons puros, ruído em bandas de oitava e pressão estática: ...	- 69 -
Figura 45 – Principais efeitos extra-auditivos do ruído (adaptado de [Pyykkö, I., 2007])	- 73 -
Figura 46 – Contração muscular após explosões sónicas (adaptado de [Rylander, R., 2004])	- 75 -
Figura 47 – Interrupções de tarefas visuais (adaptado de [Rylander, R., 2004])	- 76 -
Figura 48 – Hipnograma de um jovem adulto (adaptado de [Muzet, A., 2007])	- 79 -
Figura 49 – Distribuição espectral, em 1/3 oitava e sem malha de ponderação (dBLin), do cockpit de um Airbus 340 em pleno voo, e de um comboio em Lisboa em andamento (adaptado de [Branco, N., 2007])	- 82 -
Figura 50 – Exemplo dodecaédrico de tensigridade arquitectónica (adaptado de [Ramar, P., 2008])	- 84 -
Figura 51 – Exemplo esférico de tensigridade arquitectónica (adaptado de [Leftwich, J., 2000])	- 84 -
Figura 52 – Citoesqueleto celular (adaptado de [GCI, 2004])	- 85 -
Figura 53 – Sonómetro <i>Brüel & Kjaer Investigator 2260</i>	- 92 -
Figura 54 – <i>Leica Disto Basic</i> (medidor laser)	- 94 -
Figura 55 – Planta das instalações da discoteca	- 95 -
Figura 56 – Localização do sonómetro e fontes sonoras	- 96 -
Figura 57 – Pormenor do sonómetro e fontes sonoras na zona da pista de dança	- 97 -
Figura 58 – Exemplo do trabalho de modelação acústica	- 100 -
Figura 59 – Sistema de som <i>FENDER</i> ® (adaptado de [Fender®, 2008])	- 101 -
Figura 60 – Cabine audiométrica	- 102 -
Figura 61 – Planta do consultório	- 103 -
Figura 62 – Medição dos níveis de pressão sonora correspondentes à exposição controlada	- 104 -
Figura 63 – Cabine audiométrica e sistema de som <i>FENDER</i> ®	- 105 -
Figura 64 – Esquema da instalação do sistema de som <i>FENDER</i> ®	- 105 -
Figura 65 – Exposição sonora na cabine audiométrica	- 107 -
Figura 66 – Medição da pressão arterial e frequência cardíaca (<i>MicroLife</i> ® BP 3BTO-A)	- 109 -
Figura 67 – Medição do nível de colesterol total não-basal com o sistema <i>Accutrend</i> ® GCT da Roche	- 110 -
Figura 68 – Otoscopia	- 111 -
Figura 69 – Timpano (adaptado de [EM, 2008])	- 111 -
Figura 70 – Midimate 602 Diagnostic Audiometer da Madsen	- 112 -
Figura 71 – Audiograma	- 112 -
Figura 72 – Realização de um audiograma	- 113 -

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Análise dos resultados dos inquéritos iniciais (percentagem de exposição/consumo)	119 -
Gráfico 2 – Análise dos resultados dos inquéritos iniciais (quantificação da exposição/consumo)	120 -
Gráfico 3 – Análise dos resultados dos inquéritos iniciais (consumo de drogas ototóxicas)	121 -
Gráfico 4 – Análise dos resultados dos inquéritos iniciais (exposição a Ruído Ambiente).....	122 -
Gráfico 5 - Caracterização da amostra por sexo (TOTAL).....	124 -
Gráfico 6 - Caracterização da amostra por sexo do grupo G1 e G2.....	124 -
Gráfico 7 - Caracterização da amostra por sexo do grupo G3.....	124 -
Gráfico 8 - Caracterização da amostra por idade (TOTAL).....	125 -
Gráfico 9 - Caracterização da amostra por idade de acordo com grupo.....	125 -
Gráfico 10 - Medição de 5 horas do nível de pressão sonora linear (dia A).....	127 -
Gráfico 11 - Medição de 3 horas do nível de pressão sonora linear (dia A).....	127 -
Gráfico 12 - Medição de 5 horas do nível de pressão sonora linear (dia B).....	128 -
Gráfico 13 - Medição de 3 horas do nível de pressão sonora linear (dia B).....	128 -
Gráfico 14 - Conversão do tempo de exposição de 3 horas para 45 minutos.....	130 -
Gráfico 15 - Diferenças numérica entre a banda crítica e as restantes bandas	131 -
Gráfico 16 - Simulação dos 45 minutos na cabine audiométrica.....	132 -
Gráfico 17 – Simulação vs. Valores pretendidos.....	133 -
Gráfico 18 – Estado auditivo inicial do grupo G1.....	134 -
Gráfico 19 – Estado auditivo inicial do grupo G2.....	135 -
Gráfico 20 – Estado auditivo inicial do grupo G3.....	135 -
Gráfico 21 – Alteração auditiva do grupo G2	136 -
Gráfico 22 – Alteração auditiva do grupo G3	136 -
Gráfico 23 – Estado auditivo final do grupo G2.....	137 -
Gráfico 24 – Estado auditivo final do grupo G3.....	137 -
Gráfico 25 – Alterações auditivas médias do grupo G2.....	138 -
Gráfico 26 – Alterações auditivas médias do grupo G3.....	139 -
Gráfico 27 – Eficiência do grupo G1 no teste de <i>Stroop</i>	140 -
Gráfico 28 – Tempo de resposta (ms) do grupo G1 no teste de <i>Stroop</i>	141 -
Gráfico 29 – Eficiência do grupo G1 no teste <i>Partial Report</i>	141 -
Gráfico 30 – Níveis de colesterol total não-basal detectados no grupo G1.....	142 -
Gráfico 31 – Eficiência do grupo G2 no teste de <i>Stroop</i> antes e após exposição a ruído (AR).....	143 -
Gráfico 32 – Tempo de resposta (ms) do grupo G2 no teste de <i>Stroop</i> antes e após exposição a ruído (AR).....	144 -
Gráfico 33 – Eficiência do grupo G2 no teste <i>Partial Report</i> antes e após exposição a ruído (AR)	144 -
Gráfico 34 – Níveis de colesterol total não-basal detectados no grupo G2.....	145 -
Gráfico 35 – Alterações da pressão arterial e frequência cardíaca no grupo G2	146 -
Gráfico 36 – Eficiência do grupo G3 no teste de <i>Stroop</i> antes e após exposição a ruído (AR).....	147 -
Gráfico 37 – Tempo de resposta (ms) do grupo G3 no teste de <i>Stroop</i> antes e após exposição a ruído (AR).....	148 -

Gráfico 38 – Eficiência do grupo G3 no teste <i>Partial Report</i> antes e após exposição a ruído (AR)	- 148 -
Gráfico 39 – Níveis de colesterol total não-basal detectados no grupo G3.....	- 149 -
Gráfico 40 – Alterações da pressão arterial e frequência cardíaca no grupo G3	- 150 -

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Bandas de oitava e de terços de oitava utilizadas a nível internacional [US, 2006]	- 12 -
Tabela 2 – Correções aplicadas ao nível de pressão sonora linear mediante o uso da malha de ponderação A [Bies, D., 2003]	- 16 -
Tabela 3 – Limites de exposição e duração permitida [Beranek, L., 1992]	- 54 -
Tabela 4 – Classificação da deficiência auditiva (adaptado de [Kinsler, L., 2000])	- 61 -
Tabela 5 – Risco de surdez associado à duração da exposição [NP 1733].....	- 62 -
Tabela 6 – Exposição a ruído e classificação da evidência dos seus efeitos a longo-prazo ^a [Passchier-Vermeer, W., 2000]	- 71 -
Tabela 7 – Exposição a ruído e classificação da evidência dos seus efeitos a longo-prazo ^a [Passchier-Vermeer, W., 2000] (cont.).....	- 72 -
Tabela 8 – Condições de exclusão [Branco, N., 2007].....	- 86 -
Tabela 9 – Dados do grupo de 140 técnicos aeronáuticos [Branco, N., 2007].....	- 87 -
Tabela 10 – Resumo da análise dos inquéritos iniciais	- 116 -
Tabela 11 – Resumo da análise dos inquéritos iniciais (cont.).....	- 117 -
Tabela 12 – Resumo da análise dos inquéritos iniciais (ruído ambiente)	- 117 -
Tabela 13 – Resumo da análise dos inquéritos iniciais (drogas ototóxicas.)	- 118 -
Tabela 14 – Caracterização da amostra por sexo	- 124 -
Tabela 15 – Caracterização da amostra por idade (média e desvio padrão)	- 125 -
Tabela 16 – Pressão arterial e frequência cardíaca (média e desvio padrão)	- 143 -
Tabela 17 – Pressão arterial e frequência cardíaca (média e desvio padrão)	- 146 -
Tabela 18 – Pressão arterial e frequência cardíaca (média e desvio padrão)	- 150 -

Siglas, Abreviaturas e Unidades

APL – Alteração permanente do limiar auditivo (PTS – *Permanent Threshold Shift*)

ATL – Alteração temporária do limiar auditivo (TTS – *Temporary Threshold Shift*).

CHABA – *Committee on Hearing, Bioacoustics, and Biomechanics for the National Academy of Sciences - National Research Council*

dB – Decibel

dB(A) – Decibel A (com ponderação de malha A)

dBLin – Decibel linear (sem ponderação)

DJ – *Disc Jockey*

ECG – electrocardiograma

EEG – electroencefalograma

EPA – *Environmental Protection Agency* (Agência de Protecção Ambiental)

HPA – Eixo hipotálamo-pituitária-adrenal

Hz – Hertz

I-INCE – *International Institute of Noise Control Engineering*

ILFN – *Infrasound and Low Frequency Noise* (infra-som e sons de baixa frequência)

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização)

L_{Aeq} – Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em malha A

L_{eq} – Nível de pressão sonora contínuo equivalente

$L_{eq(8)}$ – Nível de pressão sonora contínuo equivalente para uma jornada diária de 8 horas

L_I – Nível de intensidade auditiva

L_L – Nível de pressão sonora linear

L_N – Nível de intensidade auditiva em fones

L_p – Nível de pressão sonora

L_{pA} – Nível de pressão sonora ponderado em malha A

N – Intensidade auditiva em sones

NIOSH – *National Institute of Occupational Safety and Health* (Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional)

OIT – Organização Internacional do Trabalho

OSHA – *Occupational Safety and Health Administration* (Administração da Segurança e Saúde no Trabalho)

p_{Max} – Amplitude máxima de pressão

p_{rms} – Raiz média quadrada da amplitude

pCO_2 – pressão parcial de CO_2 dissolvido no sangue

Pa – Pascal

PAIR – Perda de audição induzida pelo ruído

REM – *Rapid Eye Movement* (fase normal de sono com rápidos movimentos oculares)

rms – *root-mean-square* (raiz média quadrada)

RT_{60} – Tempo de reverberação

SNC – Sistema nervoso central

SPL – Sound Pressure Level

SWS – *Slow Wave Sleep* (fase de sono profundo)

VAD – *VibroAcoustic Disease* (doença vibroacústica)

W – *Watts*

W/m^2 – *Watts* por metro quadrado

1 Enquadramento

No mundo moderno e industrializado em que vivemos, onde estamos permanentemente em contacto com a tecnologia, é cada vez mais difícil alhear-nos da omnipresença do ruído.

São já vários os estudos que tentam determinar respostas fisiológicas e psicológicas de indivíduos expostos a níveis excessivos de pressão sonora. São exemplos os estudos já efectuados sobre o ruído ocupacional, no que diz respeito ao sector industrial e ao sector dos serviços, assim como estudos relativos a ruído não-ocupacional em receptores sensíveis como escolas e até mesmo unidades de cuidados intensivos. Existem ainda estudos que relatam os efeitos específicos de determinados géneros musicais, os efeitos do ruído inerente a várias actividades de lazer, os efeitos da exposição a níveis excessivos de ruído durante o sono, entre outros.

Axelsson & Lindgren (1978) efectuaram um estudo com oitenta e três músicos *pop*, com aproximadamente 30 anos de idade e com uma exposição média de nove anos, descobrindo uma taxa de 30% de perda auditiva induzida pelo ruído, e Royster *et al.* (1991), num estudo efectuado aos músicos da Orquestra Sinfónica de Chicago, constataram um valor de 50% de debilitação auditiva nos seus elementos. Karen Schaaf (1993), num estudo independente para o Instituto Central para Surdos, procurou determinar os efeitos da exposição do ruído nas bandas de música *rock*. Neste estudo constatou-se que os músicos e técnicos de bandas *rock*, que se encontram expostos a elevados níveis de ruído, estão sujeitos a um elevado risco de perda auditiva.

Strasser, H. *et al.* (2002) efectuaram estudos com o objectivo de averiguar as consequências fisiológicas dos efeitos combinados da exposição a níveis excessivos de ruído, esforços físicos, álcool e fumo de tabaco. Destes estudos concluem que um esforço físico moderado reduz significativamente a amplitude e o tempo de recuperação da perda auditiva temporária, e que uma dose moderada de álcool (concentração de 0,08% de álcool no sangue) se traduz numa ligeira redução dos custos fisiológicos inerentes a uma exposição a níveis excessivos de ruído. Relativamente à exposição ao fumo do tabaco, concluem que a mesma poderá resultar em alterações menos acentuadas do limiar auditivo. No entanto, a recuperação das mesmas é afectada sendo necessário um maior tempo de recuperação.

Rylander, R. (2004), no estudo *Physiological Aspects of Noise-Induced Stress and Annoyance*, procurou determinar a relação entre a exposição ao ruído e o desenvolvimento de *stress*, inerente a alterações das funções de homeostasia do Sistema Nervoso Central que são

induzidas pelo ruído e pelo incómodo a este associado. Este estudo apresenta algumas das respostas fisiológicas associadas a exposições agudas e a exposições crónicas ao ruído e as suas relações com o estado de incomodidade e de *stress*.

Pouryaghoub, G. *et al.* (2007) no artigo *Interaction of Smoking and Occupational Noise Exposure on Hearing Loss: a Cross-Sectional Study*, publicado na *BioMed Central Public Health*, referem que mediante o estudo de 206 trabalhadores fumadores e de 206 trabalhadores não-fumadores, que operam num ambiente fabril com níveis de pressão sonora superiores a 85 dB(A), se pode concluir que o tabagismo pode acelerar a perda auditiva induzida pelo ruído.

Chioyenda *et al.* (2007) no artigo *Environmental Noise-exposed Worker: Event-Related Potentials, Neuropsychological and Mood Assessment* publicado no *International Journal of Psychophysiology*, concluem que trabalhadores com exposições de longa duração a um determinado tipo de ruído ocupacional apresentam sinais de plasticidade cerebral intermodal, visíveis mediante a melhoria do processo cognitivo, quando o mesmo ocorre na ausência do factor *stress* (ruído). No entanto estes mesmo trabalhadores apresentam uma maior susceptibilidade ao ruído do que a população de controlo.

Pyykkö, I., *et al.* (2007) no estudo *Individual Susceptibility to Noise-Induced hearing loss* publicado na *Audiological Medicine* (5:1, 41-53) concluem que o risco de perda auditiva em trabalhadores depende de vários factores, nomeadamente do ruído laboral e suas características, do ruído de actividades lúdicas e suas características, da exposição a agentes ototóxicos e da susceptibilidade individual, e refere que não existe metodologias de cálculo que permitam estimar correctamente o efeito combinado destes factores na perda auditiva.

Muzet, A. (2007), na sua revisão clínica *Environmental Noise, Sleep and Health* publicada *Sleep Medicine*, compila informação relativa aos últimos 30 anos de investigação sobre o assunto em causa, e constata que não existe uma clara relação dose-resposta entre a exposição ao ruído e os seus efeitos, e que não existe, até ao momento, qualquer estudo epidemiológico de larga escala que foque os efeitos da exposição ao ruído durante o sono na saúde humana.

Santos *et al.* (2007), no artigo *Music Exposure and Audiological Findings in Brazilian Disc Jockeys (DJ)* publicado no *International Journal of Audiology*, referem que detectaram disfunções auditivas temporárias e permanentes após exposição a música com níveis de pressão sonora entre os 93,2 a 109,7 dB(A).

Branco, N. nos últimos 28 anos tem vindo a estudar a doença vibroacústica (VAD – *VibroAcoustic Disease*), uma patologia sistémica de corpo inteiro que se desenvolve em indivíduos

excessivamente expostos a infra-som e a ruídos de baixa frequência. Durante estes anos, várias foram as suas investigações que demonstraram que os fenómenos acústicos, sejam eles percebidos pelo sistema auditivo ou não, podem causar alterações nos tecidos biológicos. Desta forma, torna-se evidente a necessidade de se efectuarem medições dos níveis de pressão sonora tendo em conta a energia acústica de todo o espectro sonoro e não somente aquela que é passível de percepção mediante a audição humana.

Mediante o acima referido, seria plausível considerar esta uma área já bastante explorada e desprovida de potencial inovador se não fosse tido em conta que a grande maioria destes estudos foram efectuados sem existir uma metodologia normalizada que permita uma base de comparação entre os mesmos, bem como pelo facto de que grande parte dos casos apresentados se limitar à análise do ruído audível, menosprezando as frequências relativas aos extremos do espectro sonoro, o que resulta na desvalorização do verdadeiro potencial nocivo do ruído.

2 Objectivos

As discotecas são, de um modo geral, frequentadas por uma população jovem que pretende desfrutar de momentos de prazer e de convívio. No entanto, existe a noção, tanto para quem as frequenta como para quem habita na sua vizinhança, que nestes locais usualmente se praticam níveis de ruído demasiado elevados. Este estudo pretende averiguar os efeitos do ruído de discoteca no corpo humano procurando desta forma estabelecer uma relação de causa efeito.

Para atingir o objectivo proposto foram efectuadas e registadas medições em contínuo dos níveis de pressão sonora numa discoteca, de forma a caracterizar este tipo de ruído em amplitude e frequência. Com base neste registo procedeu-se à simulação de uma exposição típica de ruído de discoteca, em ambiente laboratorial controlado (isento de outras condicionantes como luz, tabaco e álcool), ao qual foi submetido um grupo de indivíduos na faixa etária dos 24 aos 30 anos, sem antecedentes patológicos no que se refere aos efeitos expectáveis de tal exposição, e um outro grupo de indivíduos na faixa etária dos 24 aos 41 anos, composto por DJ com experiência mínima de 5 anos no mundo da música. Este estudo contou ainda com a participação de um grupo de controlo (G1), em tudo idêntico ao grupo G2 excepto no facto de não ser alvo de exposição sonora. Todos estes grupos foram alvo de inquéritos, testes e exames clínicos adequados ao trabalho em causa, com vista à qualificação e quantificação dos efeitos do ruído no corpo humano.

3 Conceitos de Acústica

Embora tenha já sido referida por inúmeras vezes a palavra “ruído” é pertinente explorar este e outros conceitos e fenómenos básicos de acústica, bem como caracterizar e esclarecer o funcionamento do aparelho auditivo humano. De seguida serão abordados os temas mencionados e serão ainda explicitadas as vias de percepção do som pelo corpo humano assim como os principais efeitos desta interação homem - som.

A acústica enquanto ciência pode ser definida como a formação, transmissão e recepção de energia sob a forma de vibrações na matéria. Sempre que ocorram alterações de pressão ou deslocamentos de moléculas num fluido ou sólido, que resultem numa alteração do estado normal de configuração do meio, este reage mediante a actuação de uma força restauradora elástica interna. É esta força, associada à inércia do sistema que permite a participação da matéria nas vibrações oscilatórias, que por sua vez possibilitam a formação e transmissão de ondas sonoras [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

O fenómeno acústico mais comum é aquele associado à sensação de som. Para efeitos deste estudo, entende-se “som” como a percepção da referida energia mecânica vibratória por um organismo vivo mediante o seu sistema auditivo e restantes partes do corpo [\[Bartleby, 2007\]](#).

3.1 Descrição Física de uma Onda Sonora

Quando uma onda sonora se propaga no ar, o meio a qual se refere este estudo, as oscilações de pressão ocorrem acima e abaixo do valor da pressão atmosférica [\[Goeltzer, B., 2001\]](#). Uma onda sonora constituída unicamente por um tom puro, não é mais do que um som periódico, composto por uma única frequência, que apresenta um padrão sinusoidal¹. Este tipo de onda é caracterizado pela sua amplitude, comprimento de onda (λ), período (T) e frequência (f).

A amplitude das alterações de pressão decorrentes de uma onda sonora pode ser descrita pela amplitude máxima de pressão (p_{Max}) ou pela raiz média quadrada da amplitude (p_{rms}), sendo

¹ Formas de onda que têm como base o movimento circular e cujo gráfico é idêntico ao da função seno generalizada [\[Infopédia, 2008\]](#).

expressa em Pascal (Pa) [Goeltzer, B., 2001]. No caso de ondas sonoras complexas normalmente é utilizada a amplitude *rms*, uma vez que esta retrata de uma forma mais fiel a energia contida nas mesmas [CECM, 2003]. O ser humano consegue detectar variações de pressão de 0,00002 a 200 Pa, representando estes extremos o limiar de audição e o limiar da dor respectivamente [Fonseca, N., 2007].

O comprimento de onda (λ) representa a distância percorrida por uma onda de pressão durante um ciclo completo. Matematicamente obtém-se mediante a divisão do valor da velocidade do som pelo valor da frequência do tom puro [Beranek, L., 1992]. O comprimento de onda é um parâmetro importante para a acústica uma vez que determina o comportamento do som quando o mesmo atinge determinados obstáculos. Desta forma, se um obstáculo apresentar dimensões inferiores às do comprimento de onda, a mesma conseguirá contorná-lo, e caso contrário, ocorrerá uma espécie de “sombra sonora” [Fonseca, N., 2007].

O período (T) corresponde ao tempo necessário para que um ciclo completo de um tom puro passe por um determinado ponto fixo. Matematicamente, o período obtém-se mediante o cálculo do inverso da frequência [Goeltzer, B., 2001].

Na Figura 1 é possível constatar graficamente as variações de pressão acima e abaixo da pressão ambiente, o comprimento de onda e o período associado a um tom puro.

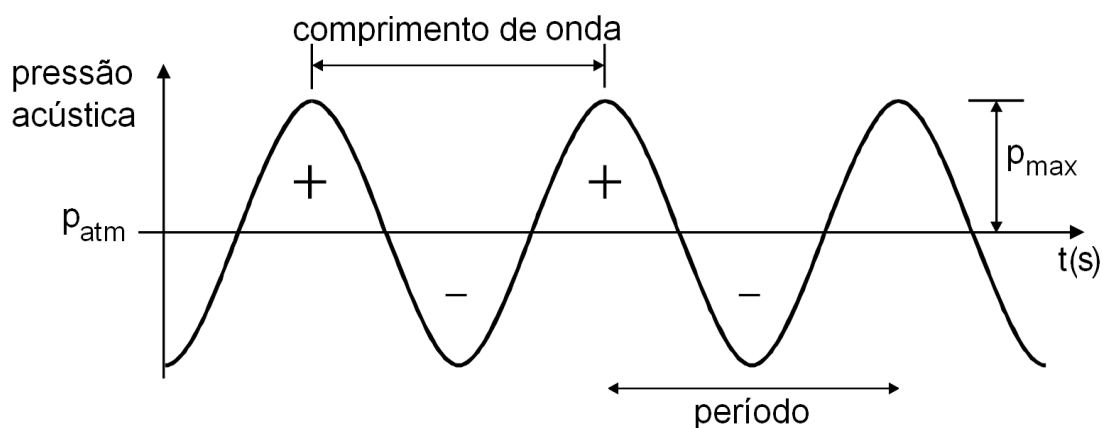


Figura 1 – Representação de uma onda sonora sinusoidal (adaptado de [Goeltzer, B., 2001])

A frequência (f) caracteriza o número de ciclos de variação de pressão no meio por unidade de tempo, isto é, o número de ciclos por segundo, sendo por isso expressa em Hertz (Hz) ou s^{-1} . A relação entre o comprimento de onda e a frequência pode ser observada na Figura 2.

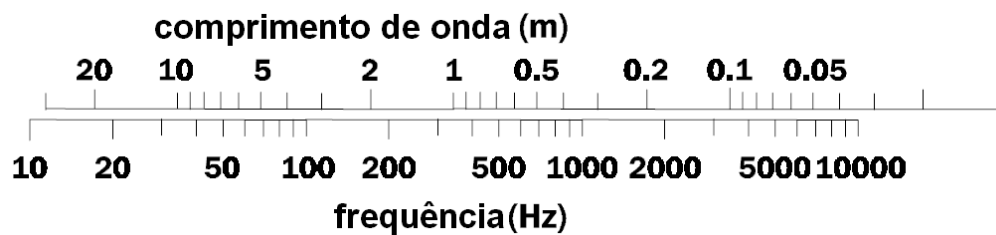


Figura 2 – Comprimento de onda *versus* frequência, no ar sob condições normais (adaptado de [\[Goeltzer, B., 2001\]](#))

Em termos de senso comum, esta propriedade é responsável pelo carácter grave (frequências mais baixas) ou agudo (frequências mais altas) de um tom, e define em grande parte o que percebemos como som. Para o típico ser humano jovem na posse das suas plenas capacidades auditivas, uma perturbação vibratória é interpretada como som, se a sua frequência estiver contida no intervalo de 20 a 20.000 Hz, isto é, se pertencer à gama das frequências audíveis [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

Dentro da gama das frequências audíveis existem duas outras subclassificações, que apresentam ainda muita discrepância de acordo com a área e o autor que as cita. No âmbito deste estudo entende-se “baixas frequências” como as pertencentes ao intervalo de 20 a 500 Hz e “altas frequências” como as pertencentes ao intervalo de 8.000 a 20.000 Hz [\[Branco, N., 2007\]](#), [\[Burquetti, F., 2003\]](#). A acústica define ainda infra-som como todo o som que se situe abaixo dos 20 Hz, e o ultra-som como todo o som que se situe acima dos 20.000 Hz [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

No caso de ondas sonoras complexas, principalmente no diz respeito a sons de cariz musical, existe uma frequência principal, denominada de frequência fundamental, que se destaca das outras por ser a menor frequência de maior amplitude [\[Fonseca, N., 2007\]](#).

Para além da já referida pressão sonora (p_{rms}), é ainda pertinente mencionar a potência sonora e a intensidade sonora como outras formas de quantificar o som. A potência sonora pode ser definida como a energia total emitida por uma fonte sonora por unidade de tempo, sendo expressa em *watts* (W), e a intensidade sonora como a transmissão de energia de uma onda sonora por unidade de área, sendo expressa em *watts* por metro quadrado (W/m^2) [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

3.2 Análise Espectral

Todas as propriedades atrás citadas são unicamente aplicáveis a tons puros, e por norma, os sons com que lidamos no dia-a-dia são o resultado de complexas misturas de oscilações de pressão que variam de acordo com a fase, frequência e amplitude. Para estes sons não existe uma simples relação matemática entre as diferentes variáveis, sendo no entanto possível definir todo e qualquer sinal como uma combinação de um determinado número (possivelmente infinito) de ondas sinusoidais, e desta forma, cada uma dessas ondas poderá ser descrita de acordo com as propriedades já apresentadas. São estas componentes sinusoidais que constituem o espectro de frequência de um sinal acústico [\[Goeltzer, B., 2001\]](#). Na Figura 3 apresentam-se a título de exemplo alguns géneros de análise espectral.

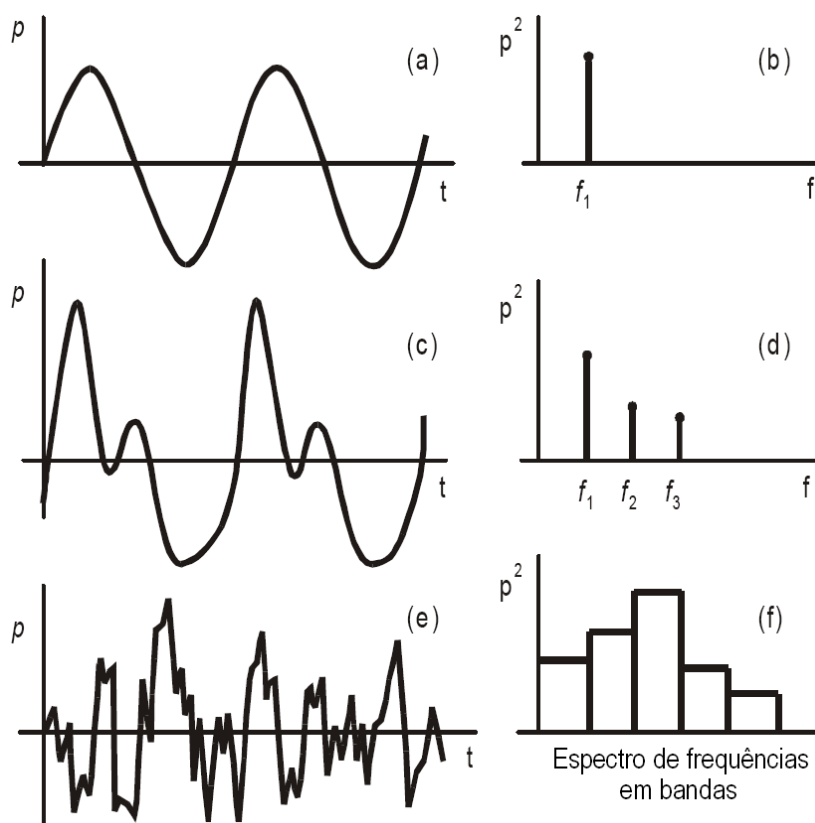


Figura 3 – Análise espectral ilustrada

(a) e (b) Oscilações de pressão (p) sinusoidais ao longo do tempo (t) numa dada frequência (f_1). (c) e (d) Oscilações de pressão (p) cíclicas ao longo do tempo (t) como o resultado da combinação de três perturbações sinusoidais de amplitude relativa e fase fixas; o espectro associado apresenta três frequências isoladas (f_1 , f_2 e f_3). (e) e (f) Oscilações de pressão (p) erráticas ao longo do tempo (t) resultando num espectro de frequências em banda (adaptado de [\[Goeltzer, B., 2001\]](#))

3.3 Definição de Ruído

Tendo já definido adequadamente o que é o "som", estão reunidas as condições para avançar com uma definição para o "ruído". É no entanto pertinente referir que a definição de ruído varia consoante o campo da ciência que a analisa e de acordo com o autor que a define. Desta forma, a definição mais adequada, tendo em conta o âmbito deste estudo, poderá ser aquela que se apresenta de seguida.

"Ruído é um som ou conjunto de sons desagradáveis e/ou perigosos, capazes de alterar o bem-estar fisiológico e/ou psicológico das pessoas, de provocar lesões auditivas, que em casos extremos podem originar surdez, e de prejudicar a qualidade e quantidade do trabalho" [\[UAb, 2002\]](#).

No que diz respeito a questões de gestão do ruído, a análise por frequência revela-se uma ferramenta de grande utilidade. Este tipo de análise pode ser definido como o processo através do qual, um sinal que varia ao longo do tempo no domínio temporal é transformado nas suas componentes de frequência no domínio da frequência. Pode ser utilizada para quantificar problemas de ruído, uma vez que ambos os critérios e controlos propostos são dependentes da frequência. Pode ainda ser utilizada para identificar componentes tonais nos ruídos, identificar fontes de ruído e determinar a eficiência dos métodos de controlo aplicados às mesmas [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

De forma a facilitar a comparação de medições efectuadas por vários instrumentos, a Organização Internacional de Normalização (*ISO – International Organization for Standardization*) harmonizou o uso das bandas de frequências para a análise e medição de ruídos. A banda mais frequentemente utilizada na análise por frequência é a banda de oitava, isto é, uma banda cujo limite da frequência superior é aproximadamente duas vezes maior do que o limite inferior. Cada banda de oitava é representada por um valor médio, isto é, pela sua "frequência central". Ocasionalmente, é necessária informação mais detalhada sobre a composição do ruído, sendo então a mesma obtida mediante a selecção de bandas mais contíguas. Este é o caso do uso de bandas de terços de oitava, isto é, bandas de frequência com aproximadamente um terço da largura de uma banda de oitava [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

Na Tabela 1 é apresentada a harmonização das bandas de frequência de oitavas e terços de oitavas.

Tabela 1 – Bandas de oitava e de terços de oitava utilizadas a nível internacional [\[US, 2006\]](#)

Banda	Oitavas			Terços de Oitavas		
	Limite inferior	Centro	Limite Superior	Limite inferior	Centro	Limite Superior
10				8,9	10	11,2
11				11,2	12,5	14,1
12	11	16	22	14,1	16	17,8
13				17,8	20	22,4
14				22,4	25	28,2
15	22	31,5	44	28,2	31,5	35,5
16				35,5	40	44,7
17				44,7	50	56,2
18	44	63	88	56,2	63	70,8
19				70,8	80	89,1
20				89,1	100	112
21	88	125	177	112	125	141
22				141	160	178
23				178	200	224
24	177	250	355	224	250	282
25				282	315	355
26				355	400	447
27	355	500	710	447	500	562
28				562	630	708
29				708	800	891
30	710	1.000	1.420	891	1.000	1.122
31				1.122	1.250	1.413
32				1.413	1.600	1.778
33	1.420	2.000	2.840	1.778	2.000	2.239
34				2.239	2.500	2.818
35				2.818	3.125	3.548
36	2.840	4.000	5.680	3.548	4.000	4.467
37				4.467	5.000	5.623
38				5.623	6.300	7.079
39	5.680	8.000	11.360	7.079	8.000	8.913
40				8.913	10.000	11.220
41				11.220	12.500	14.130
42	11.360	16.000	22.720	14.130	16.000	17.780
43				17.780	20.000	22.390

Em termos de curiosidade, se for prestada a devida atenção à tabela apresentada, é possível reparar na propriedade conveniente da escolha dos valores centrais da banda de terço de oitavas: o valor do logaritmo dos mesmos corresponde a um décimo do valor da banda [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

3.4 Definição de Decibel

As propriedades acústicas através das quais se quantifica o “som” carecem de simplificação no que respeita à interpretação dos seus valores, uma vez que as alterações acústicas percepcionáveis pelo ser humano resultam de variações de grande amplitude no que diz respeito aos valores das suas grandezas físicas. Para facilitar a interpretação de uma escala linear demasiado extensa, foi instituído o uso do Bel, isto é, o uso do logaritmo (de base 10) da divisão de uma quantidade mensurável por uma quantidade de referência, obtendo assim uma escala de compressão logarítmica que se revela mais adequada. De forma a evitar que a escala fosse demasiado comprimida, aplicou-se um factor de 10, dando assim origem ao termo decibel (dB) [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

Sempre que o valor de uma propriedade acústica seja expresso em termos logarítmicos, é comum dizer-se que o mesmo se refere a um nível em decibéis (dB) acima ou abaixo de uma quantidade de referência. No caso do nível de pressão sonora (L_p), a quantidade de referência foi estabelecida como sendo 20 μPa , uma vez que é a esta pressão, relativamente à frequência de 1000 Hz, que tem início o limiar de audição. É por esta razão, que a frequência de 1.000 Hz é utilizada para determinar a quantidade de referência para todas as restantes propriedades acústicas. Para o nível de potência sonora foi então definido o valor de 10^{-12} W como quantidade de referência, e consequentemente para o nível de intensidade sonora, o valor de 10^{-12} W/m^2 [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

3.5 Malhas de Ponderação

Geralmente, e tendo apenas como excepção os casos em que seja explicitamente citado em contrário, o nível de pressão sonora diz-se ponderado em malha A (L_{pA}) em detrimento de nível de pressão sonora linear (L_L), uma vez que a pressão de referência é escolhida em função da capacidade auditiva humana no que diz respeito à percepção dos sons para a já mencionada

frequência de 1.000 Hz. Recorre-se então a esta malha de ponderação A, na tentativa de simular a reacção do ouvido humano em função da frequência. Devido a esta característica, esta malha é frequentemente utilizada nas questões de gestão de ruído resultando em medições dos níveis de pressão sonora ambiente expressas em dB(A) [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

Na Figura 4 é possível comparar os níveis de ruído associados a algumas situações típicas do dia-a-dia, tendo como base uma escala nível de pressão sonora (dB(A)) *versus* pressão sonora.

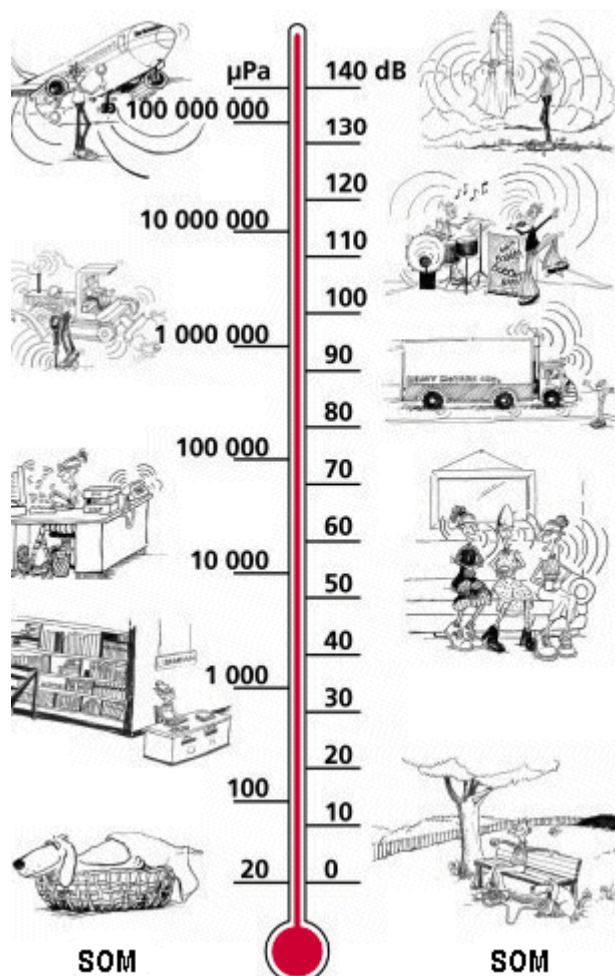


Figura 4 – Escala de decibéis relativa à pressão de referência de 20 µPa (adaptado de [\[NPC, 2000\]](#))

A nível internacional, para além da malha de ponderação A, são também aceites as malhas de ponderação B, C e D. A malha de ponderação A, B e C seguem aproximadamente as linhas isofónicas² de 40, 70 e 100 fones. A malha de ponderação D foi proposta especificamente para

² O conceito de linhas de igual nível de intensidade auditiva será abordado na Secção 5.2

analisar o ruído de aeronaves. Esta caracteriza-se pelo incremento de energia nas frequências típicas dos motores a jacto (1.000 a 10.000 Hz) de forma a melhor avaliar os efeitos causados por este ruído específico [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

Na Figura 5 encontra-se ilustrada a variação no nível de pressão sonora associada ao uso das várias malhas de ponderação de frequência.

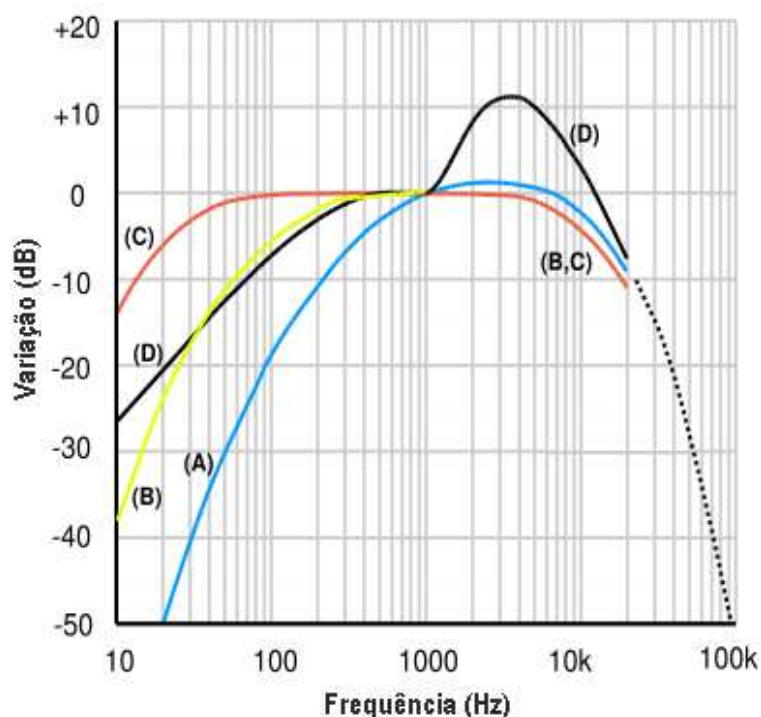


Figura 5 – Malhas de ponderação de frequência A, B, C e D (adaptado de [\[LE, 2007\]](#))

A problemática do uso destas malhas reside no facto de as mesmas atenuarem ou acentuarem a verdadeira energia contida nas ondas sonoras mediante o que o nosso sistema auditivo percepção, isto é, conforme o que o ser humano “ouve”. No entanto, o facto de um ser humano não perceber um dado som não significa que o mesmo deixe de ser prejudicial no que diz respeito à energia que lhe está associada. O uso generalizado da malha de ponderação A na gestão do ruído acarreta estes problemas, principalmente no que diz respeito a fenómenos acústicos onde predominem as baixas frequências, uma vez que a estas se aplicam as maiores correcções. Ao analisar a Tabela 2 é possível constatar as implicações associadas à sua utilização.

Tabela 2 – Correções aplicadas ao nível de pressão sonora linear mediante o uso da malha de ponderação A [Bies, D., 2003]

Frequência (Hz)	Correcção da malha A	Frequência (Hz)	Correcção da malha A	Frequência (Hz)	Correcção da malha A
10	-70,4	160	-13,4	2.500	1,3
12,5	-63,4	200	-10,9	3.125	1,2
16	-56,7	250	-8,6	4.000	1,0
20	-50,5	315	-6,6	5.000	0,5
25	-44,7	400	-4,8	6.300	-0,1
31,5	-39,4	500	-3,2	8.000	-1,1
40	-34,6	630	-1,9	10.000	-2,5
50	-30,2	800	-0,8	12.500	-4,3
63	-26,2	1.000	0,0	16.000	-6,6
80	-22,5	1.250	0,6	20.000	-9,3
100	-19,1	1.600	1,0		
125	-16,1	2.000	1,2		

3.6 Características do Ruído

Para além de ser possível quantificar o ruído mediante as propriedades atrás mencionadas, este pode ainda ser caracterizado qualitativamente como contínuo, descontínuo ou impulsivo, dependendo das variações temporais do nível de pressão sonora.

Um ruído contínuo é caracterizado por pequenas flutuações, não significativas, do nível de pressão sonora no decorrer do período de observação. Considera-se que se verifica esta condição quando a diferença entre os valores máximo e mínimo do L_p , medidos com utilização da característica S (lenta) de ponderação no tempo definida na norma portuguesa em vigor, for inferior a 5 dB durante o período de observação [\[IDAD, 2008\]](#).

Na Figura 6 encontra-se uma representação esquemática típica de um gráfico de ruído contínuo.

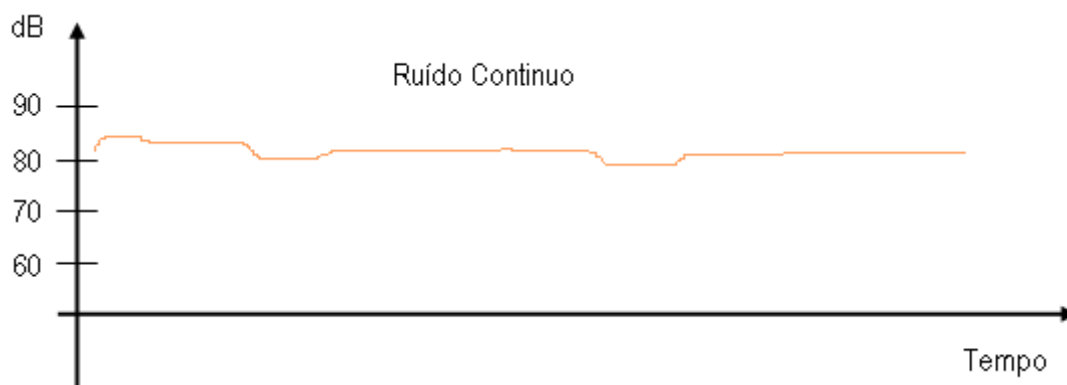


Figura 6 – Representação esquemática típica de um gráfico de ruído contínuo

Sempre que o nível de pressão sonora varie de forma significativa, torna-se necessário proceder a uma ponderação temporal para um dado período de observação, obtendo-se assim o nível de pressão sonora contínuo equivalente (L_{eq}). Este caracteriza-se como o valor médio que, num dado período de tempo, possui a mesma energia que um ruído variável ao longo desse mesmo período de tempo [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

Na Figura 7 encontra-se uma representação esquemática típica de um gráfico L_p versus um gráfico L_{eq} .

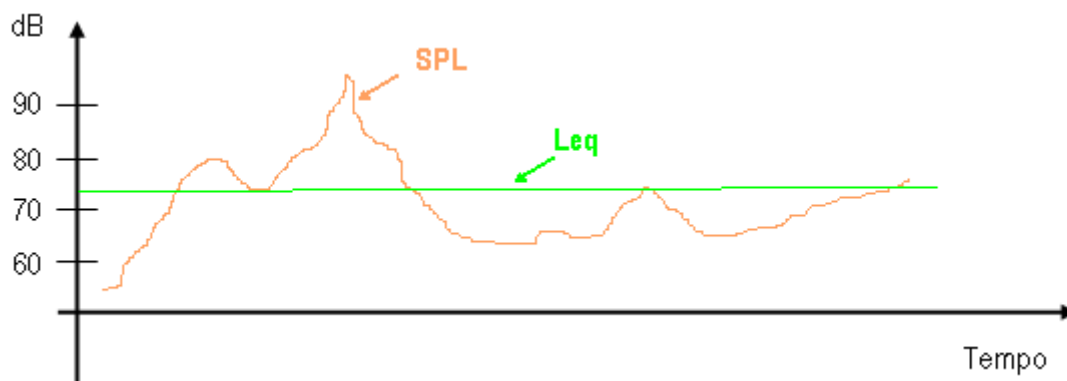


Figura 7 – Representação esquemática típica de um gráfico L_p versus um gráfico L_{eq}

Os equipamentos de medição utilizados para a medição do ruído permitem efectuar esta ponderação no tempo recorrendo a sistemas de resposta rápida ("Fast" F), resposta lenta ("Slow" S) e de resposta impulsiva ("Impulse" I). O sistema de resposta lenta efectua leituras a cada segundo, o de resposta rápida a cada 0,125 segundos, e o de resposta impulsiva a cada 0,035 segundos [\[Veggeberg, K., 2008\]](#), [\[NAP, 1996\]](#).

Um ruído descontínuo é caracterizado por alterações significativas dos níveis de pressão sonora no decorrer do período de observação. Este tipo de ruído pode ser dividido em intermitente ou flutuante. Um ruído diz-se flutuante quando o nível de pressão sonora varia continuamente e em grande amplitude durante o período de observação, e diz-se intermitente quando os níveis de pressão sonora decaem várias vezes para valores idênticos ao do ruído de fundo. Para que um ruído seja definido como intermitente, este tem de permanecer constante durante um segundo ou mais, acima dos valores do nível de pressão sonora que caracterizam o ruído de fundo [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

Na Figura 8 encontra-se uma representação esquemática típica de um gráfico de ruído flutuante.

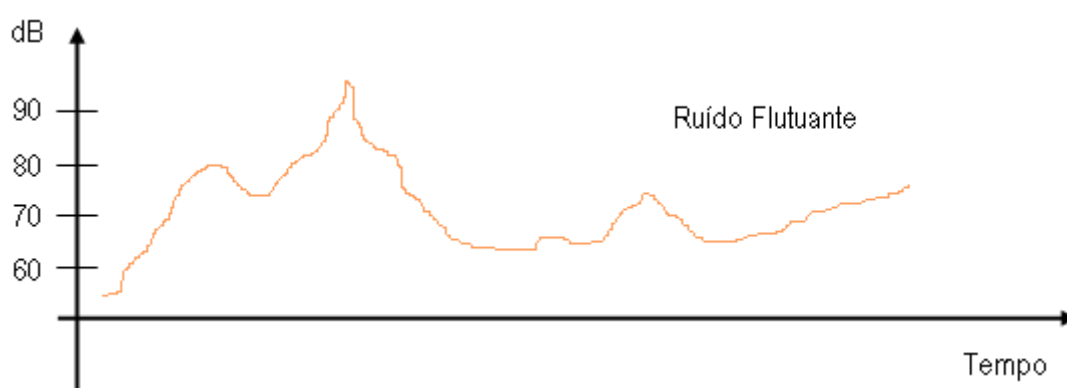


Figura 8 – Representação esquemática típica de um gráfico de ruído flutuante

Um ruído impulsivo é composto por uma ou mais descargas de energia sonora, cada uma de duração inferior a 1 segundo e separadas por mais de 0,2 segundos. Este tipo de ruído é caracterizado pelo valor da pressão de pico (L_{pico}), pelo tempo de ascensão e duração do pico [\[Goeltzer, B., 2001\]](#). Para detectar as características impulsivas de um dado ruído, é necessário determinar a diferença entre o L_{eq} medido em simultâneo com característica impulsiva e rápida. Se esta diferença for superior a 6 dB, o ruído é considerado impulsivo [\[RGR, 2007\]](#).

Na Figura 9 encontra-se uma representação esquemática típica de um gráfico de ruído flutuante.

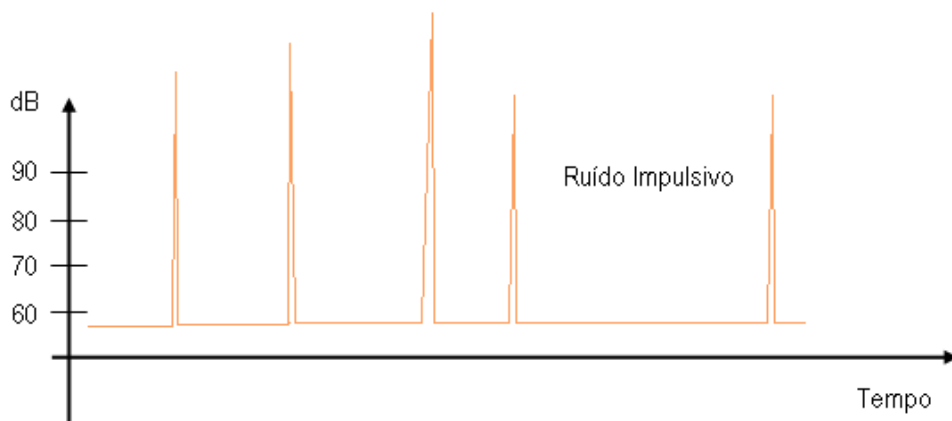


Figura 9 – Representação esquemática típica de um gráfico de ruído impulsivo

O ruído pode ainda ser classificado quanto às suas características tonais. Um ruído tonal pode ser contínuo ou flutuante e é caracterizado por apresentar uma maior concentração de energia sonora em uma ou duas frequências isoladas. Este tipo de ruído é muito mais irritante do que um outro que apresente o mesmo L_{eq} mas cuja energia se encontre dispersa por várias frequências [Goeltzer, B., 2001]. Para detectar as características tonais de um ruído é necessário verificar, recorrendo ao espectro de um terço de oitava, se o nível sonoro de uma banda excede o das adjacentes em 5 dB ou mais, caso em que o ruído é considerado tonal [RGR, 2007].

Na Figura 10 apresenta-se a título de exemplo, um ruído com características tonais na frequência de 250 Hz.

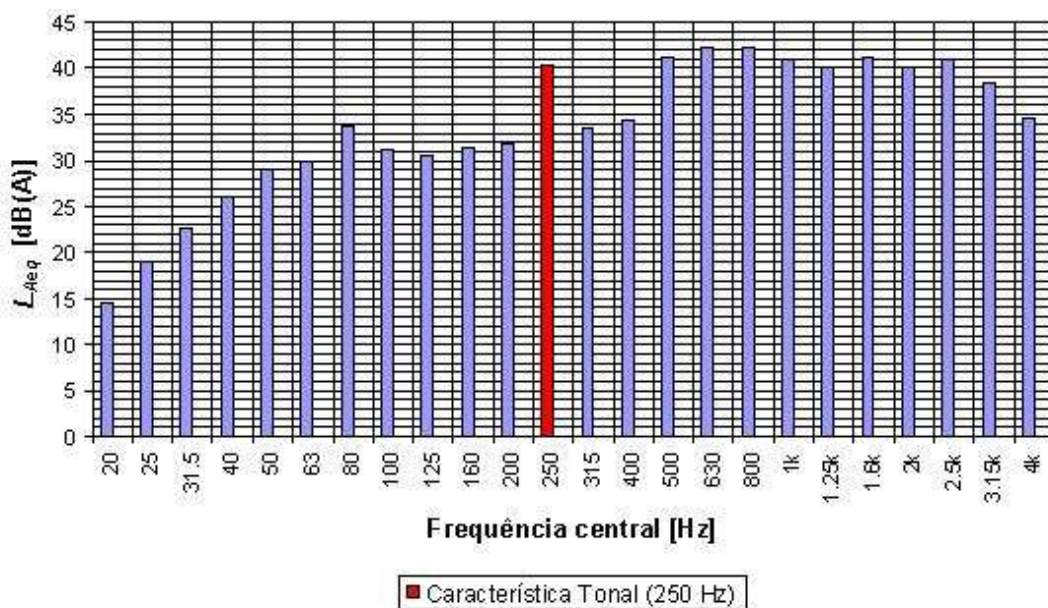


Figura 10 – Exemplo de um ruído com características tonais na frequência de 250 Hz (adaptado de [GR, 2008])

3.7 Propagação das Ondas Sonoras

Tendo já exposto o ruído no que diz respeito à sua quantificação e qualificação, resta ainda explicitar a sua propagação para melhor compreender os fenómenos relacionados com a problemática do ruído. Desta forma, torna-se necessário introduzir os conceitos de campo livre e de directividade, de campo próximo e campo distante, de reflexão e de reverberação, entre outros que serão de seguida abordados.

O campo livre pode ser definido como um meio homogéneo isento de limites e de superfícies reflectoras. Se estivermos perante a mais simples das fontes sonoras, isto é, uma fonte pontual que apresente uma radiação sonora idêntica em todas as direcções, a actuar num campo livre, a energia emitida por essa fonte num dado instante, será difundida em todas as direcções e, um segundo mais tarde, ocorrerá uma redistribuição dessa mesma energia pela superfície de uma esfera de 340 m de raio [\[Goeltzer, B., 2001\]](#). Este tipo de propagação é designado por propagação esférica e encontra-se ilustrado na Figura 11.

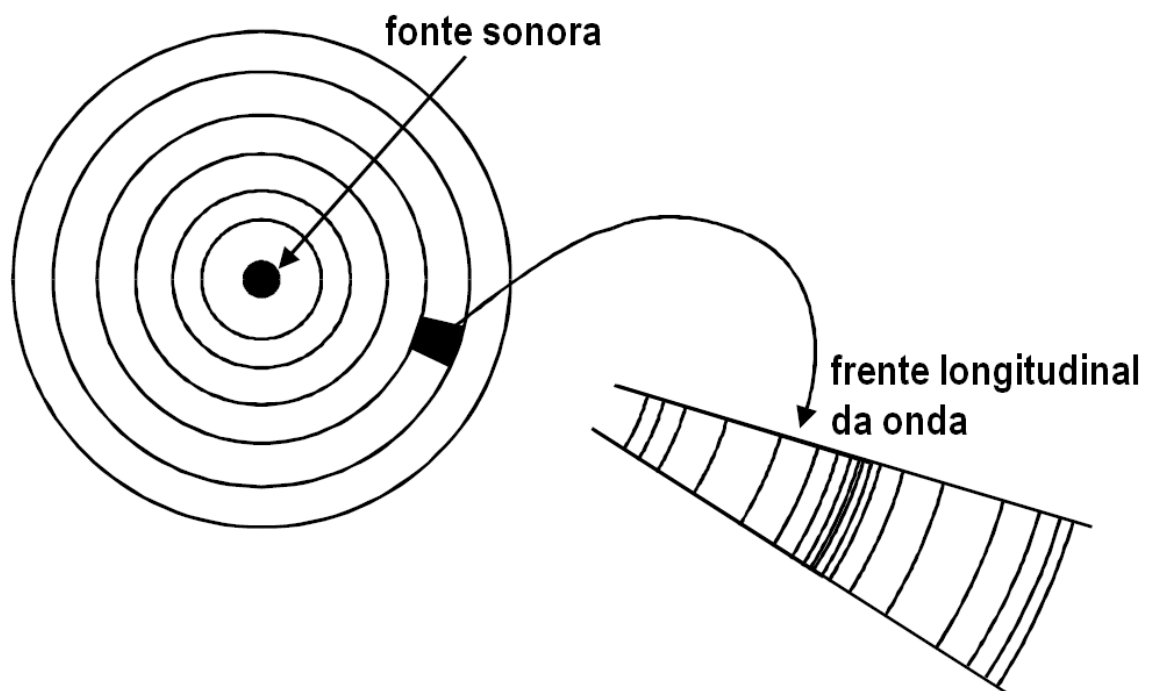


Figura 11 – Representação de uma propagação esférica em campo livre (adaptado de [\[Goeltzer, B., 2001\]](#))

Em condições de campo livre constata-se que o nível de ruído decresce 6 dB por cada vez que se duplica a distância entre a fonte e o observador. No entanto, por norma, condições puras de campo livre raramente ocorrem devido à presença de superfícies reflectoras, sendo portanto necessário introduzir uma correcção mediante um factor de directividade (Q). Este factor de directividade é também aplicável à própria fonte, uma vez que, normalmente a radiação sonora de uma fonte é tipicamente direccionada e não omnidireccional [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

Na Figura 12 apresenta-se a título de exemplo uma ilustração sobre a directividade de fontes sonoras.

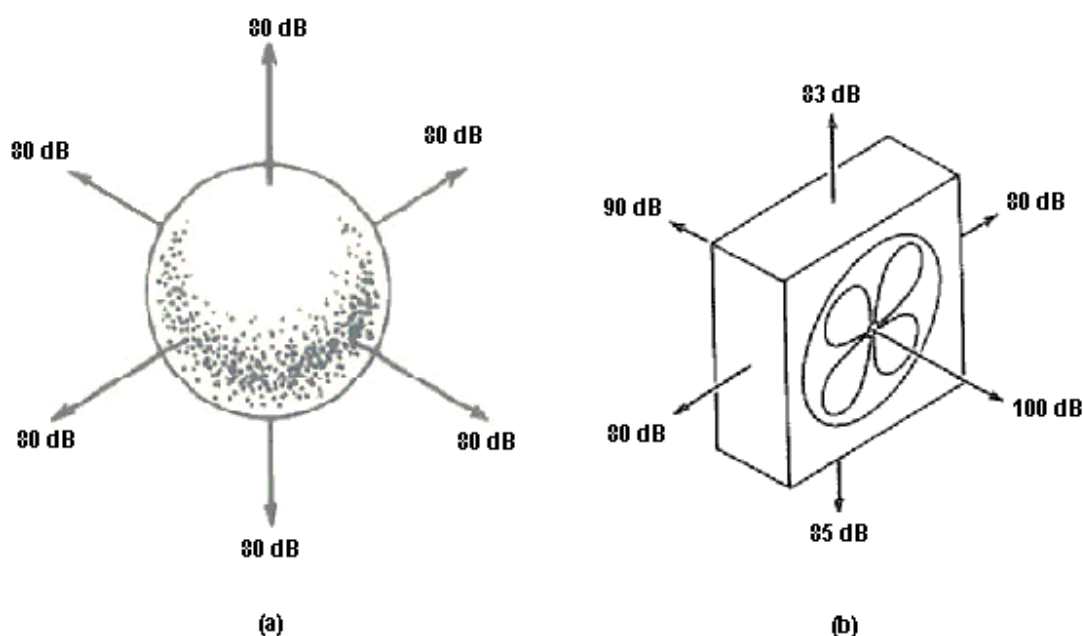


Figura 12 – Directividade de fontes sonoras. (a) Representação esquemática de uma fonte omnidireccional com igual energia; (b) Representação esquemática de uma fonte direccionada (adaptado de [\[Beranek, L., 1992\]](#))

O campo próximo é definido como a região adjacente à fonte onde a pressão sonora e a velocidade acústica das partículas não estão em fase. Esta região é definida em função da maior de duas distâncias, sendo a primeira, a distância do comprimento de onda do som, e a segunda, o equivalente a três vezes a maior das dimensões da fonte sonora. O fenómeno de decréscimo de 6 dB por cada vez que se duplica a distância à fonte, não ocorre no campo próximo mas sim no designado campo distante [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

O campo distante de uma fonte tem início onde termina o campo próximo e estende-se até ao infinito. É pertinente constatar que a transição de campo próximo para campo distante não é abrupta mas sim gradual, dependendo da já referida relação comprimento de onda/dimensões da fonte, do padrão de directividade e das características do meio de propagação [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

A presença de superfícies reflectoras próximas de uma fonte irá afectar o som irradiado no sentido em que condicionará o campo directo de propagação, criando novas trajectórias de som designadas por som reflectido. Sempre que o som directo atinge um obstáculo, parte da energia acústica é reflectida, parte é absorvida e a restante é transmitida, sendo que as proporções desta repartição de energia dependerão em grande parte da natureza do obstáculo.

Na Figura 13 encontra-se um esquema ilustrativo dos fenómenos de reflexão, de absorção e de transmissão das ondas sonoras.

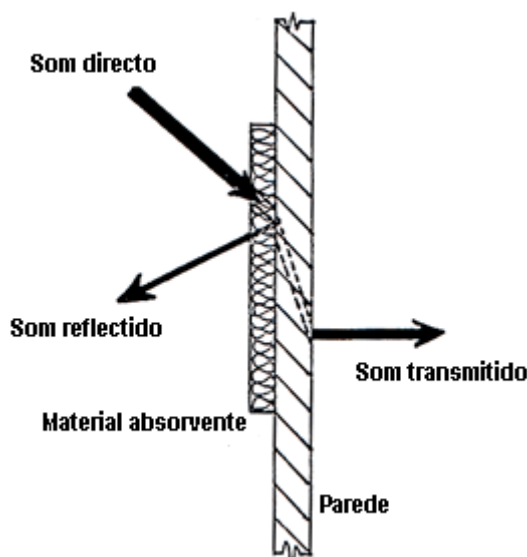


Figura 13 – Alterações na propagação do som associadas à presença de obstáculos (adaptado de [\[AS, 2008\]^a](#))

Sempre que uma fonte sonora se encontre num espaço confinado, como por exemplo numa sala, torna-se praticamente impossível atingir condições de campo livre. Perante esta situação, irão ocorrer simultaneamente propagações directas e indirectas de ondas sonoras. O contínuo funcionamento da fonte sonora levará à acumulação de som reflectido no interior do compartimento, resultando desta forma num incremento da energia acústica total. Mesmo após o cessar do funcionamento da fonte sonora, será possível perceber o decaimento gradual dos níveis de pressão sonora devido à existência da componente de som reflectido. Este fenómeno é designado de reverberação e o espaço onde o mesmo ocorre é designado de campo reverberante. Num

campo reverberante os níveis de ruído dependem não só da potência sonora irradiada, como também das dimensões e das propriedades acústicas das superfícies do compartimento [Goeltzer, B., 2001].

Na Figura 14 pode ser observado o fenómeno de reverberação numa sala de aula bem como as vias de propagação de som directo e de som reflectido.

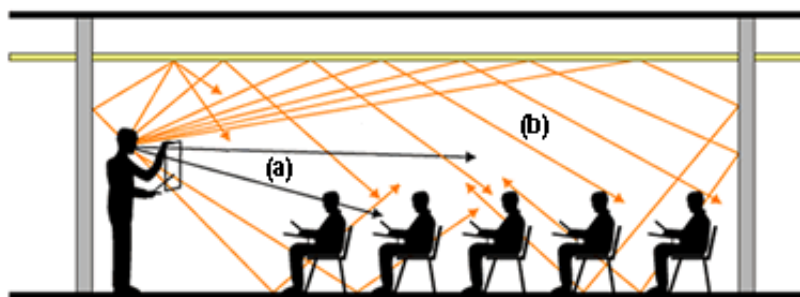


Figura 14 – Reverberação numa sala de aula. Vias de propagação de som directo (a) e de som reflectido (b) (adaptado de [AS, 2008]¹⁰)

A reverberação é quantificada pelo tempo de reverberação (RT_{60}), isto é, pelo tempo necessário para que, após o cessar do funcionamento da fonte sonora, o nível de pressão sonora num dado ponto decaia 60 dB [Fonseca, N., 2007].

Na Figura 15 encontra-se uma análise gráfica típica de um fenómeno de reverberação e respectivo intervalo de tempo (RT_{60}) para o qual o mesmo ocorre.

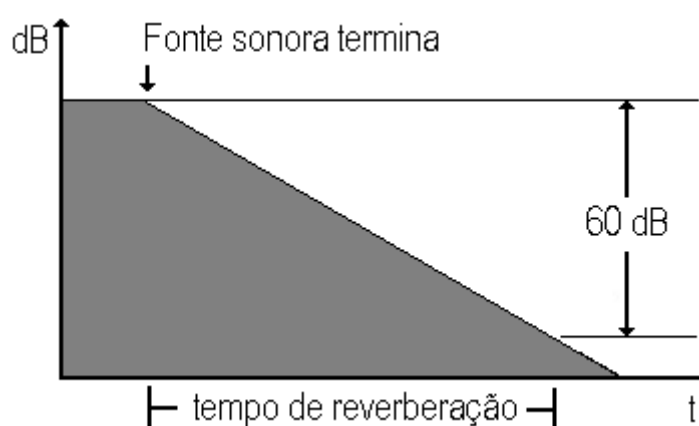


Figura 15 – Tempo de reverberação (adaptado de [Fonseca, N., 2007])

Numa sala de elevada reverberação, na região onde a contribuição da componente de som directo é consideravelmente inferior à contribuição da componente de som reflectido, os níveis de pressão sonora atingem valores que são independentes da distância à fonte sonora. Esta região é designada por campo difuso, e nesta zona a energia acústica é praticamente uniforme [\[Beranek, L., 1992\]](#).

Em salas ou escritórios mobilados, o campo sonoro não é livre nem difuso e caracteriza-se por um decréscimo de 3 dB por cada vez que se duplica a distância à fonte [\[Beranek, L., 1992\]](#).

Na Figura 16 é possível visualizar as alterações nos níveis de pressão sonora em função do distanciamento à fonte sonora.

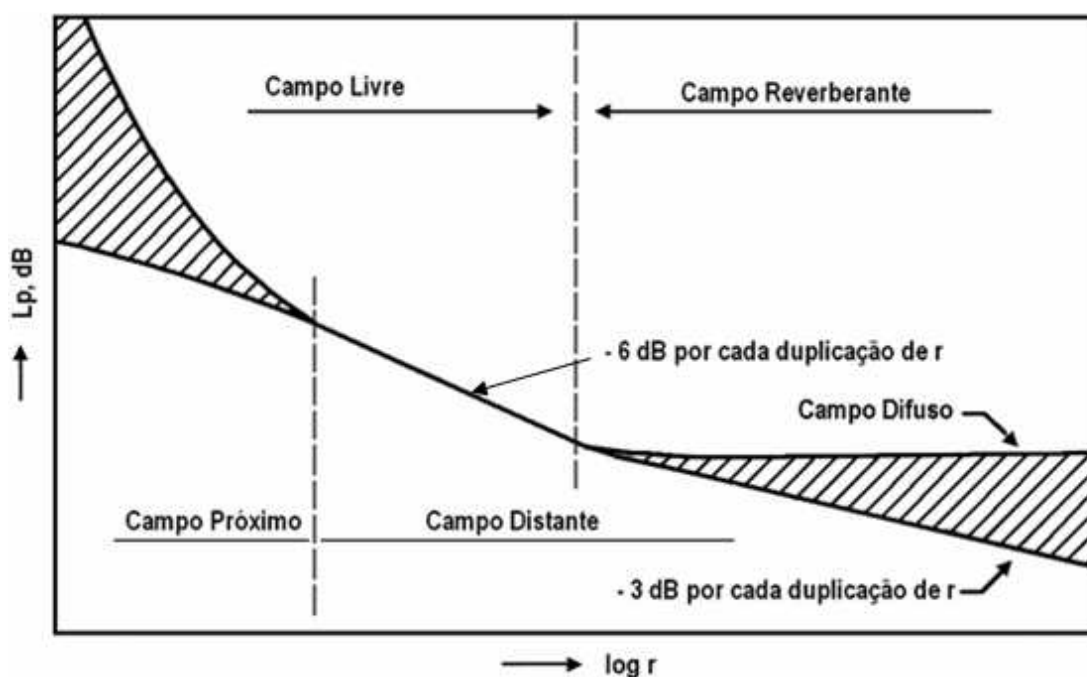


Figura 16 – Variação do L_p em função do distanciamento à fonte sonora (adaptado de [\[Beranek, L., 1992\]](#))

À medida que as superfícies se tornam menos reflectoras e consequentemente mais absorventes, o cenário tenderá para uma situação de campo-livre, onde apenas a componente de som directo terá relevância para o total da energia acústica que se verifica no compartimento. É possível obter condições de propagação sonora similares às constatadas em campo-livre, revestindo as superfícies de um compartimento com materiais de elevado coeficiente de absorção. Este tipo de construção é designado por câmara anecóica (ver Figura 17) e é usualmente utilizado para fins de investigação acústica e de medições de potência sonora [\[Beranek, L., 1992\]](#).

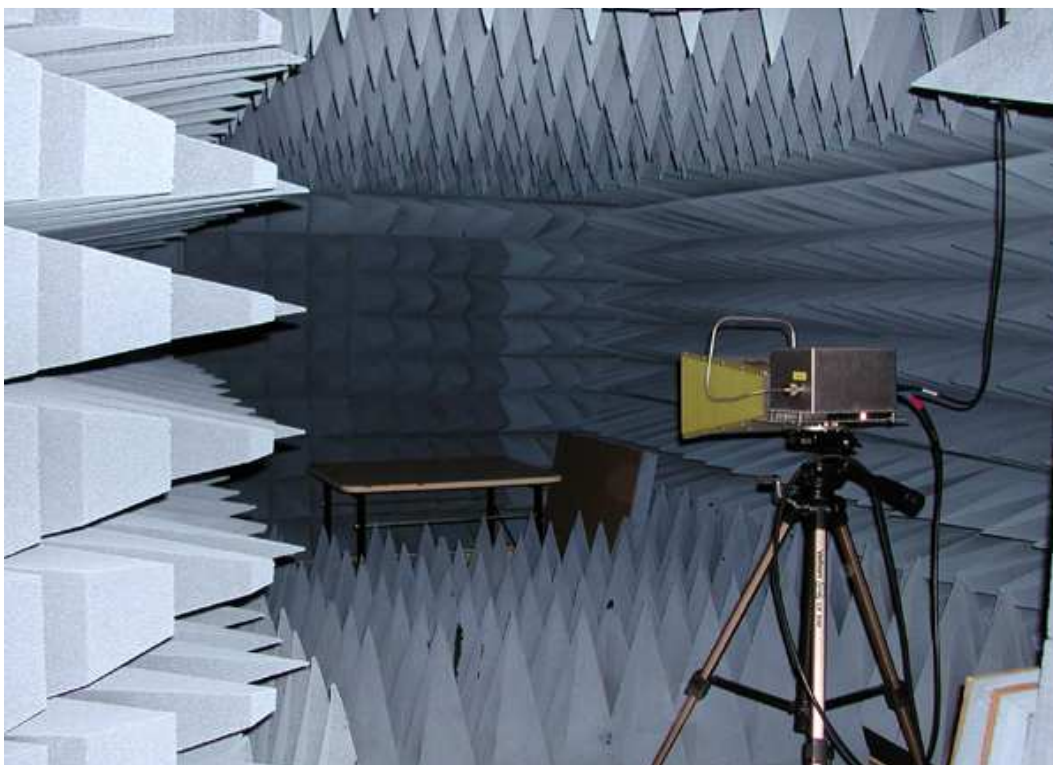


Figura 17 – Exemplo de uma câmara anecóica (adaptado de [\[ATSP, 2008\]](#))

No âmbito da investigação acústica é frequente o uso das mencionadas câmaras anecóicas, de modo a reduzir os fenómenos de formação de ondas estacionárias e de distorção harmónica. Quando se reproduz um som num compartimento que não possui características de câmara anecóica, potencia-se uma maior ocorrência de reflexões de ondas sonoras. Destas reflexões resultarão ondas que podem interferir construtivamente (em fase) ou destrutivamente (180° fora de fase) com as ondas incidentes, dando assim origem à designada onda estacionária [\[Russell, D., 2008\]](#).

Na Figura 18 ilustra-se a formação de uma onda estacionária e na Figura 19 apresentam-se as possíveis interferências entre ondas sonoras.

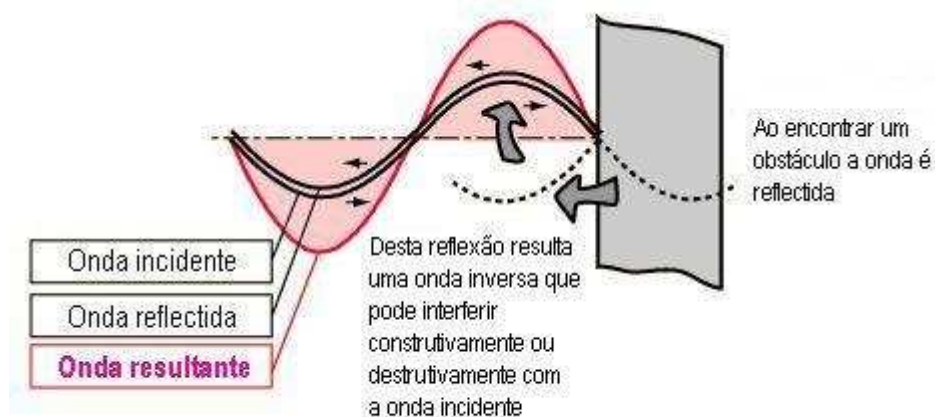


Figura 18 – Formação de uma onda estacionária (adaptado de [\[Nave, C., 2006\]^a](#))

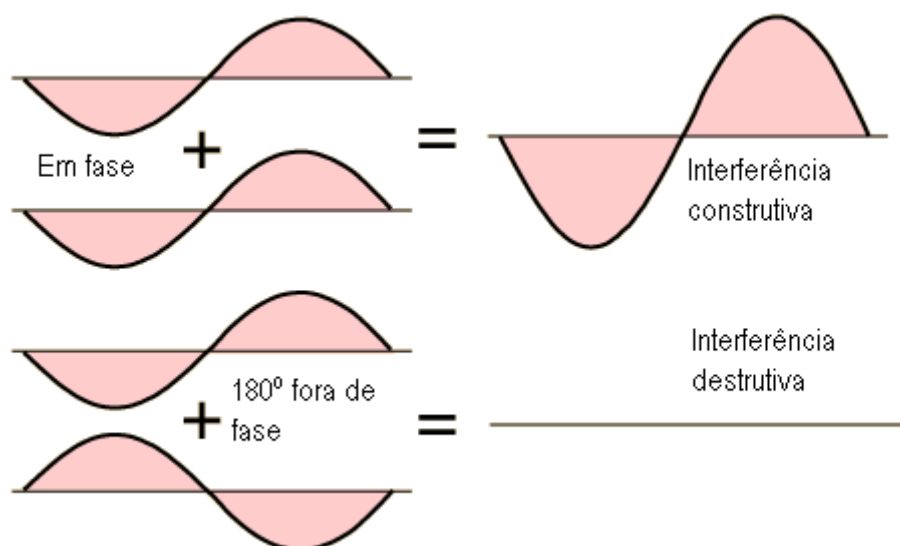


Figura 19 – Interferências entre ondas sonoras (adaptado de [\[Nave, C., 2006\]^b](#))

Neste tipo de onda existem locais denominados de nós e anti-nós, que correspondem respectivamente aos pontos de amplitude nula e aos pontos de amplitude máxima. Desta forma, teremos zonas onde a energia acústica oscilará entre um valor máximo e um valor nulo, isto é, onde não existirá som. Na Figura 20 estão sinalizados com círculos vermelhos os referidos nós e anti-nós.

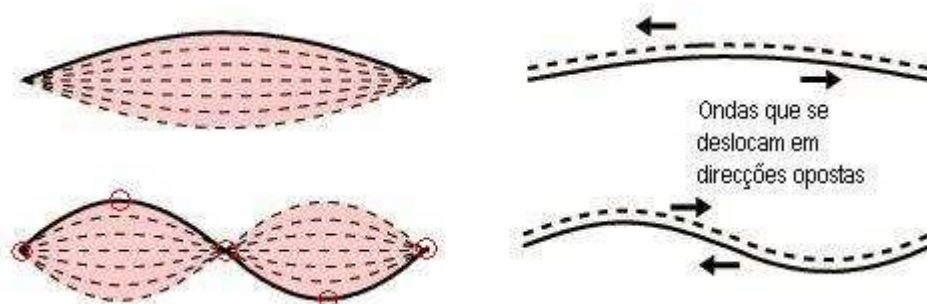


Figura 20 – Nódulos e anti-nódulos de ondas estacionárias (adaptado de [\[Nave, C., 2006\]c](#))

Juntamente com a formação de ondas estacionárias poderá também ser potenciada a distorção harmónica devido à ocorrência das mencionadas reflexões. Estas ondas reflectidas poderão resultar numa tal acentuação e/ou redução de certas frequências, que o som obtido estará longe do que se pretendia inicialmente [\[LI, 2008\]](#).

4 O Ouvido Humano

Tendo exposto os conceitos e fenómenos básicos da acústica, resta ainda esclarecer o funcionamento do ouvido humano, abordando a sua anatomia e fisiologia.

A audição constitui um dos principais sentidos do ser humano e juntamente com a visão desempenha um importante papel na capacidade de reacção e na comunicação em geral.

Como já foi referido anteriormente, o homem consegue perceber energia vibratória enquanto sensação auditiva, desde que esta se manifeste aproximadamente numa gama de frequências dos 20 aos 20.000 Hz. Para consegui-lo, é necessário converter o sinal acústico num sinal apropriado que possa ser transmitido ao cérebro. Assim sendo, é função do ouvido converter o sinal vibratória num impulso nervoso codificado, processo este que se designa de transdução. O mecanismo utilizado para alcançar este objectivo é bastante complexo, envolvendo várias etapas que serão de seguida abordadas [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

O ouvido é um órgão par e simétrico. Encontra-se localizado na parte lateral da cabeça, e contém a estrutura verdadeiramente responsável pela audição, a cóclea, profundamente introduzida no interior do osso temporal. Parte do ouvido tem como função conduzir o som até à cóclea, e esta última tem como função efectuar a transdução da energia vibratória. A transdução é realizada por delicadas células capilares, que quando são estimuladas dão origem a um impulso nervoso. Estas células estão em contacto com um fluido corporal do qual retiram o constante fluxo de energia, nutrientes e oxigénio de que necessitam para sobreviver. No entanto, para que este processo de transdução ocorra é necessário superar a diferença de impedância inerente à propagação da vibração no interface de meios diferentes, que neste caso corresponde a um interface ar/líquido. Os nossos ouvidos evoluíram de forma a criar um mecanismo complexo, designado por mecanismo de condução do som, através do qual se torna possível subjugar esta barreira. Este mecanismo é composto por duas partes, sendo a primeira referente ao ouvido externo, que conduz o som, e a segunda ao ouvido médio, que permite a equalização da impedância. De seguida será efectuada uma abordagem mais aprofundada de todo o processo auditivo [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

O ouvido humano (ver Figura 21) pode ser dividido em três partes principais: o ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno.

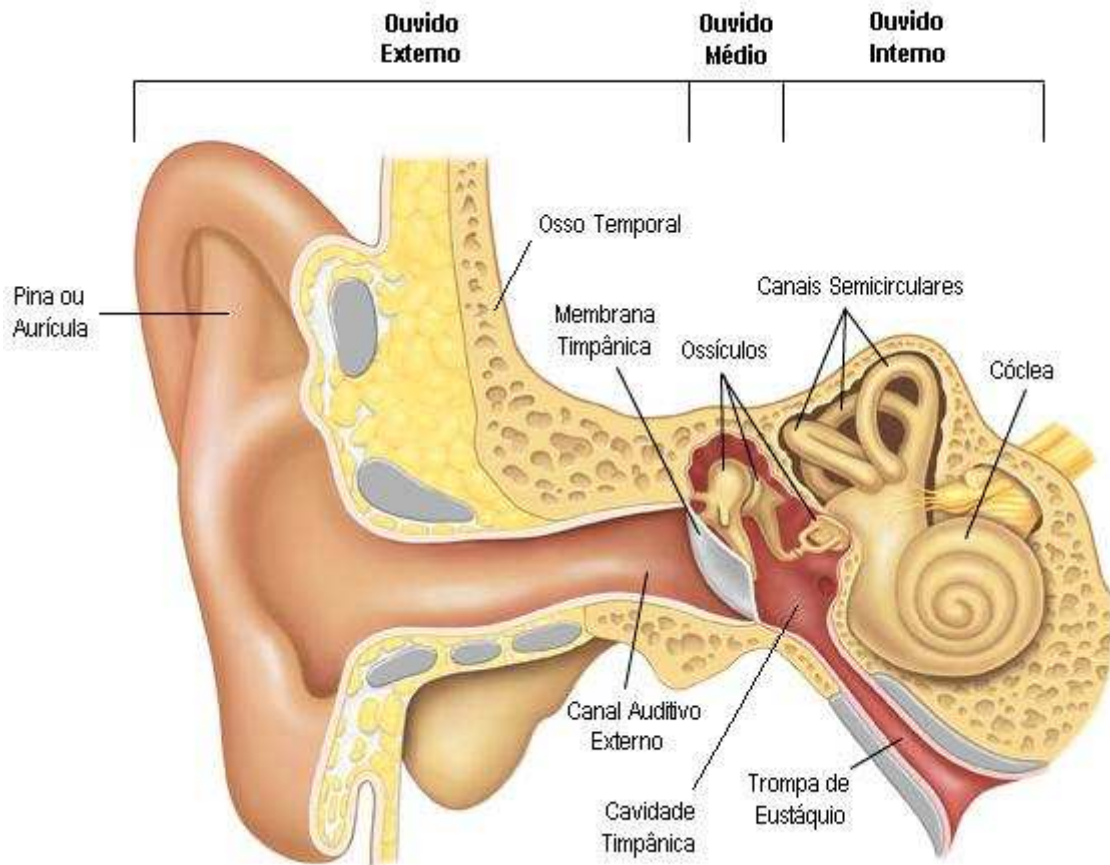


Figura 21 – Anatomia do ouvido (adaptado de [\[UpToDate, 2008\]](#))

4.1 Ouvido Externo

O ouvido externo, do qual fazem parte a aurícula e o canal auditivo externo, constitui a secção do ouvido responsável pela transmissão do som até ao tímpano.

A aurícula, a parte que sai dos lados do crânio, é composta por cartilagem revestida por pele, e tem como função capturar e conduzir o som para o canal auditivo externo [\[Goeltzer, B., 2001\]](#). Nos seres humanos, a aurícula acaba por ser relativamente ineficaz quando comparada com a aurícula de outros animais, que através desta obtêm um ganho considerável em certas frequências. A própria disposição desta estrutura facilita a localização espacial de uma fonte sonora, uma vez que a aurícula se encontra ligeiramente inclinada, capturando de forma mais eficaz o som frontal do que o posterior. Desta forma, um dado som soará mais intenso se a sua localização for frontal e menos se for posterior [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

O canal auditivo tem cerca de 2,8 cm de comprimento e 0,8 cm de diâmetro, sendo constituído por uma parte externa e outra interna [\[Kinsler, L., 2000\]](#). A parte externa é revestida por

pele pilosa que contém glândulas sudoríparas e sebáceas responsáveis pela produção da cera. A pilosidade e a cera desempenham funções de barreira protectora e de desinfectante. A parte interna do canal auricular é revestida por uma fina camada de pele simples que se prolonga até ao próprio tímpano, constituindo a camada externa desta membrana. A pele do canal auditivo cresce de dentro para fora, empurrando as camadas de pele morta para a parte externa, para que assim seja expelida juntamente com a cera em excesso. O canal auditivo desempenha ainda um papel de mecanismo protector do tímpano devido à sua conformação, uma vez que existe neste um ligeiro estreitamento que dificulta a intrusão de objectos estranhos, e desempenha também um papel preponderante na sensibilidade a determinadas frequências, uma vez que actua como um tubo ressonante amplificando os sons entre os 3.000 e os 4.000 Hz, o que resulta num incremento de sensibilidade e de susceptibilidade a danos auditivos nesta gama de frequências [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

A membrana timpânica constitui a barreira que separa o ouvido externo do ouvido médio. Possui uma forma cónica (a forma geométrica ideal de transmissão de som de um sólido para o ar) com o ápice virado para a cavidade timpânica, e não é mais do que uma membrana de espessura inferior a 1/10 de milímetro, revestida do lado do canal auditivo por uma fina camada de pele, e do lado da cavidade timpânica por duas camadas, uma intermédia de fibras de colagénio, fibroblastos e fibras elásticas, e uma interna de tecido epitelial [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

4.2 Ouvido Médio

O ouvido médio (ou cavidade timpânica) consiste no espaço de volume de ar de aproximadamente de 2 cm³, delimitado lateralmente pela membrana timpânica e pela cóclea, a nível superior pelo osso mastóide e a nível inferior pela trompa de Eustáquio. Esta última estrutura é constituída por cartilagem e músculo, estabelece uma ligação com a nasofaringe e é utilizada para equalizar a pressão no ouvido médio. A cavidade timpânica contém os ossículos responsáveis pela condução do som do tímpano para o ouvido interno e pela correcção final de impedância, uma vez que deste sistema resulta também uma amplificação da energia vibratória [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

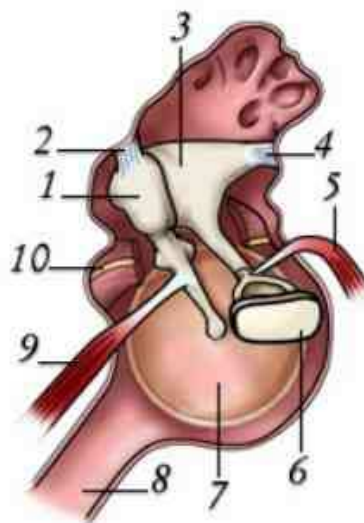


Figura 22 – Ouvido médio

1 – Martelo, 2 – Ligamento do martelo, 3 – Bigorna, 4 – Ligamento da bigorna, 5 – Músculo do estribo, 6 – Estribo, 7 – Tímpano, 8 – Trompa de Eustáquio, 9 – Músculo do martelo, 10 – Nervo (adaptado de [\[CMT, 2007\]](#))

Conforme se pode observar na Figura 22, o centro da membrana timpânica está ligado ao martelo (*malleus*), que por sua vez utiliza a bigorna (*incus*) para comunicar com o estribo (*stapes*). O estribo comunica directamente com a janela oval do ouvido interno. Todo este mecanismo de condução do som é mediado por músculos de suporte e ligamentos que, perante sons de elevada intensidade, permitem ajustar a tensão do sistema, funcionando assim como uma medida de segurança que visa a protecção do ouvido interno. No entanto, este mecanismo, designado por reflexo estapediano, requer um tempo de activação de cerca de 20 ms a 40 ms, sendo portanto ineficaz perante sons de característica impulsiva, como é caso de disparos de armas de fogo, explosões, entre outros [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

4.3 Ouvido Interno

O ouvido interno, também designado por labirinto devido à sua elevada complexidade, possui uma parte óssea e uma parte membranosa.

O labirinto ósseo é constituído por três estruturas ósseas distintas: o vestíbulo, os canais semicirculares e a cóclea. O vestíbulo constitui a zona do labirinto ósseo que comunica com a cavidade timpânica por intermédio das membranas da janela oval e da janela redonda, e contém as estruturas responsáveis pela manutenção do equilíbrio estático. Os canais semicirculares são as

estruturas responsáveis pela manutenção do equilíbrio cinético e a cóclea é o órgão responsável pela audição [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

Nas Figura 23 e Figura 24 encontram-se assinaladas as estruturas do ouvido interno atrás mencionadas.

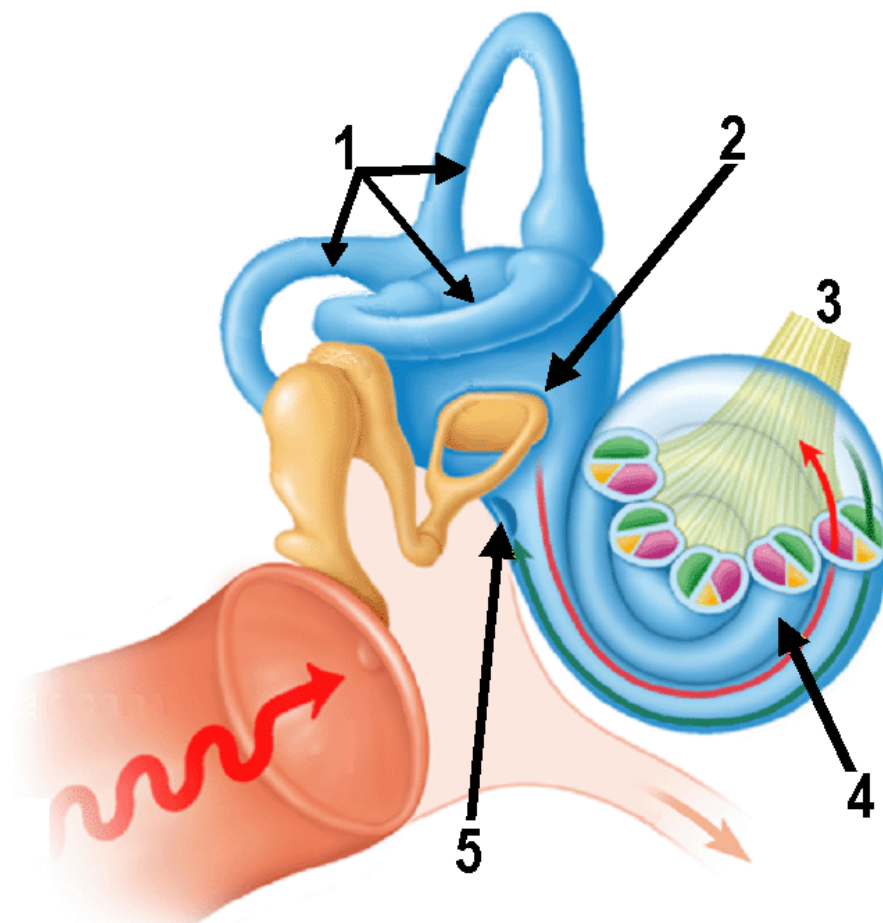


Figura 23 – Comunicação do ouvido médio com o ouvido interno

[1 – Vasos semicirculares, 2 – Janela Oval, 3 – Nervos (facial, vestibular e coclear), 4 – Cóclea, 5 – Janela redonda]
(adaptado de [\[BC, 2008\]](#))

Conforme se pode observar na Figura 24, as estruturas do labirinto ósseo possuem no seu interior um fluido corporal designado por perilinfa, rico em sódio. É neste líquido que se encontra suspenso o labirinto membranoso, dentro do qual existe um outro fluido, designado por endolinfa, rico em potássio [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

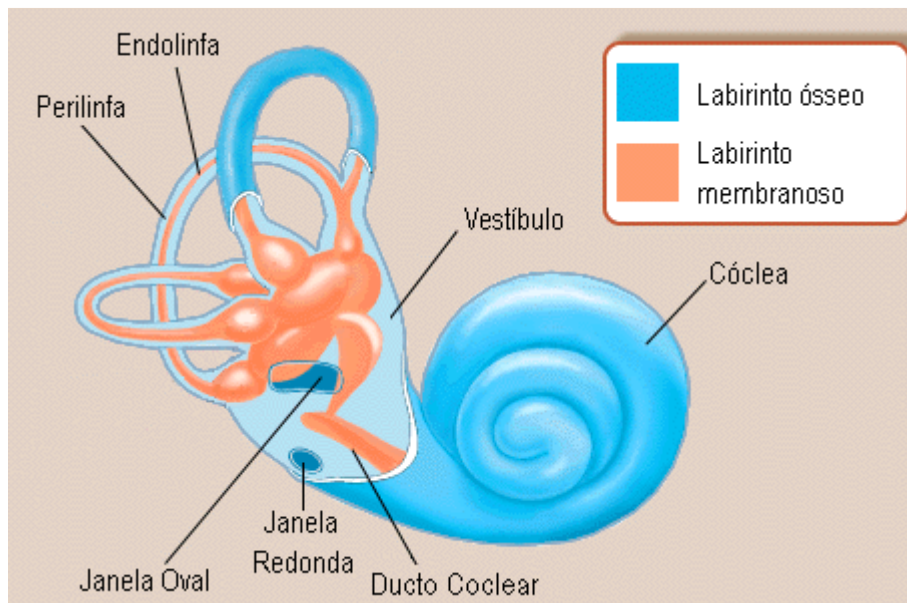


Figura 24 – Ouvido interno (adaptado de [\[BSE, 1999\]](#))

A cóclea é uma estrutura óssea encaracolada com cerca de 2,7 voltas, um comprimento total de cerca de 3,5 cm e um volume aproximado de 0,05 cm³. Esta estrutura encontra-se dividida em três galerias: a galeria superior (*scala vestibuli*), a galeria média (*scala media*) e a galeria inferior (*scala tympani*) [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

Na Figura 26 encontra-se um esquema simplificado da estrutura da cóclea segundo dois pontos de vista diferentes.

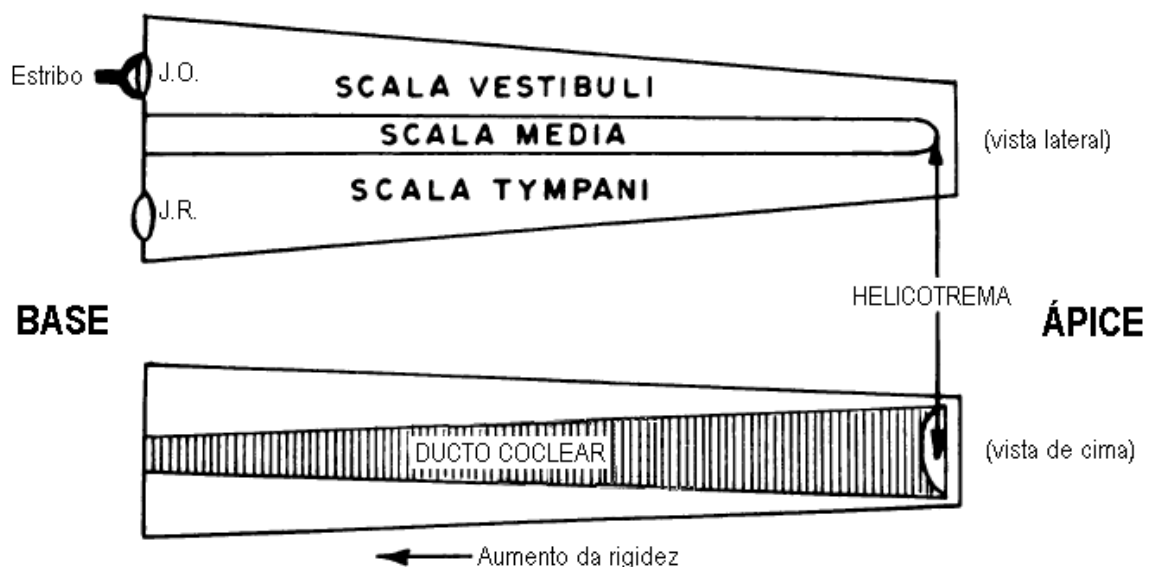


Figura 25 – Esquema da cóclea (adaptado de [\[Goeltzer, B., 2001\]](#))

A galeria superior é designada por rampa vestibular e comunica com ouvido médio mediante a janela oval, e a galeria inferior é designada por rampa timpânica e comunica com o ouvido médio mediante a janela redonda. À excepção do helicotrema, local situado no ápice da cóclea, estas duas galerias periféricas estão separadas uma da outra por uma galeria média designada por ducto coclear. O ducto coclear encontra-se separado da rampa vestibular por intermédio da membrana de Reissner, e da rampa timpânica por intermédio da membrana basilar [Goeltzer, B., 2001].

Na Figura 26 encontra-se um esquema de um corte transversal da cóclea onde se pode observar pormenorizadamente cada uma das galerias da cóclea e seu conteúdo.

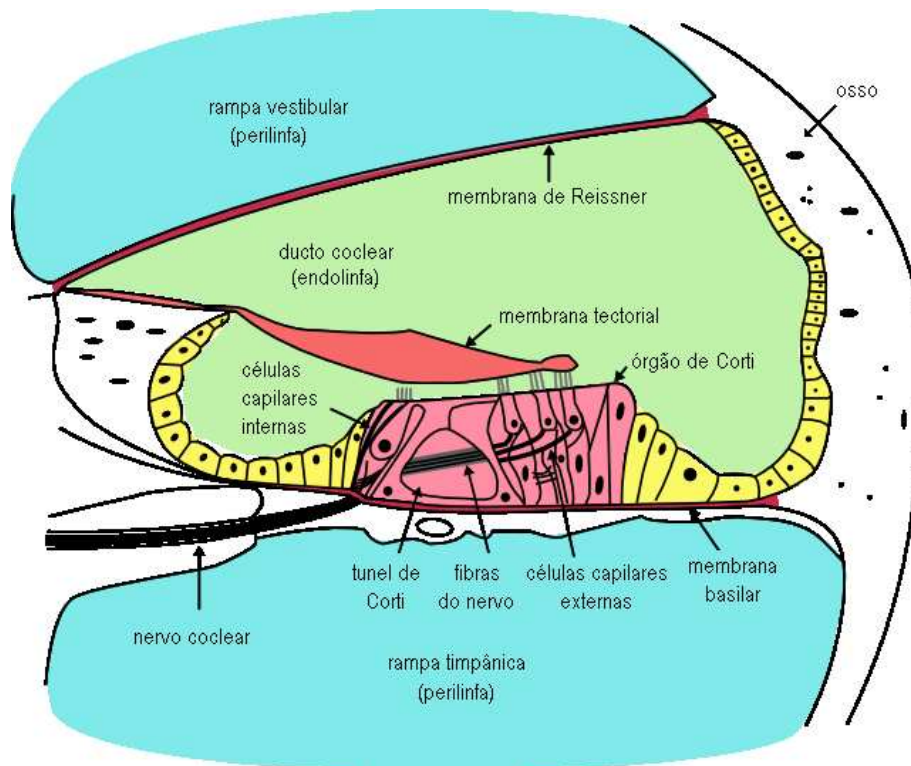


Figura 26 – Corte transversal da cóclea (adaptado de [Wikipedia, 2004])

A membrana de Reissner é composta por duas camadas de células epiteliais separadas por uma lâmina basal, e actua essencialmente como uma barreira de difusão, uma vez que permite a troca de nutrientes entre a perilíngua e a endolíngua. A membrana basilar é mais estreita e rígida próxima da base e mais larga e maleável próxima do ápice. É composta por um grande número de fibras que são progressivamente mais ressonantes às baixas frequências no sentido da base para o

ápice do ducto coclear, sendo esta a característica em que assenta o princípio da dispersão das frequências das ondas sonoras ao longo da cóclea [Goeltzer, B., 2001].

Na Figura 27 encontra-se uma ilustração exemplificativa de um mapa de dispersão de frequências ao longo da cóclea.

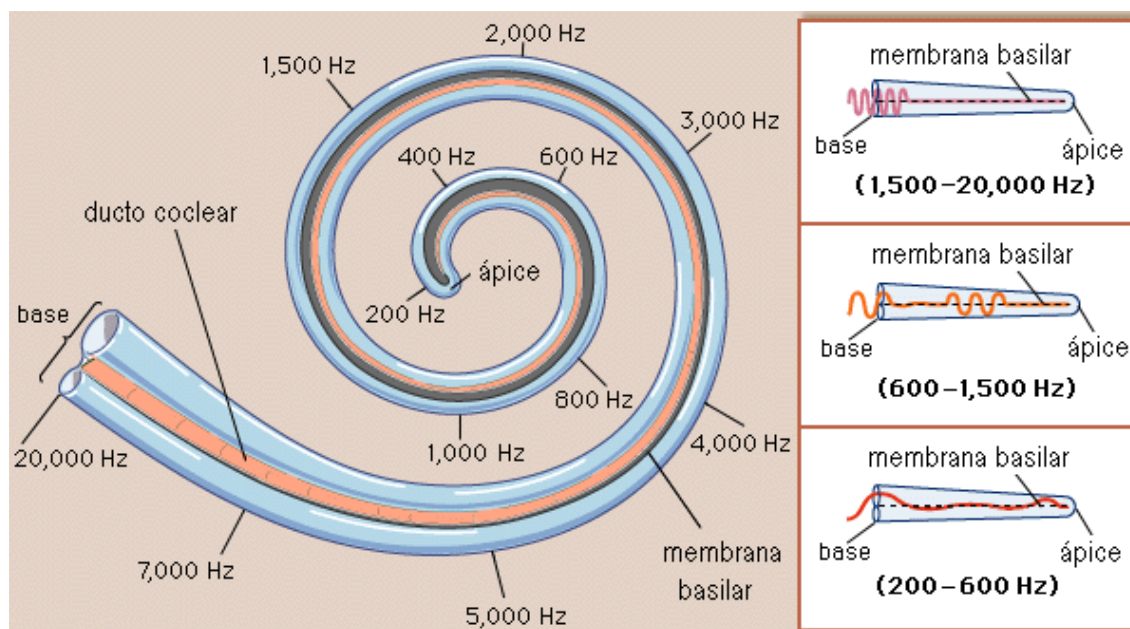


Figura 27 – Mapa de dispersão de frequências na cóclea (adaptado de [BSE, 1997]^b)

Esta diferença de ressonância ao longo da membrana basilar traduz-se na vibração da mesma em locais específicos consoante a frequência da onda sonora. Esta vibração repercute-se no órgão de Corti situado imediatamente acima da membrana basilar, que constitui o local onde ocorre a transdução do sinal sonoro. O órgão de Corti é constituído por quatro conjuntos de células capilares perfazendo um total aproximado de 16.000 células [Goeltzer, B., 2001].

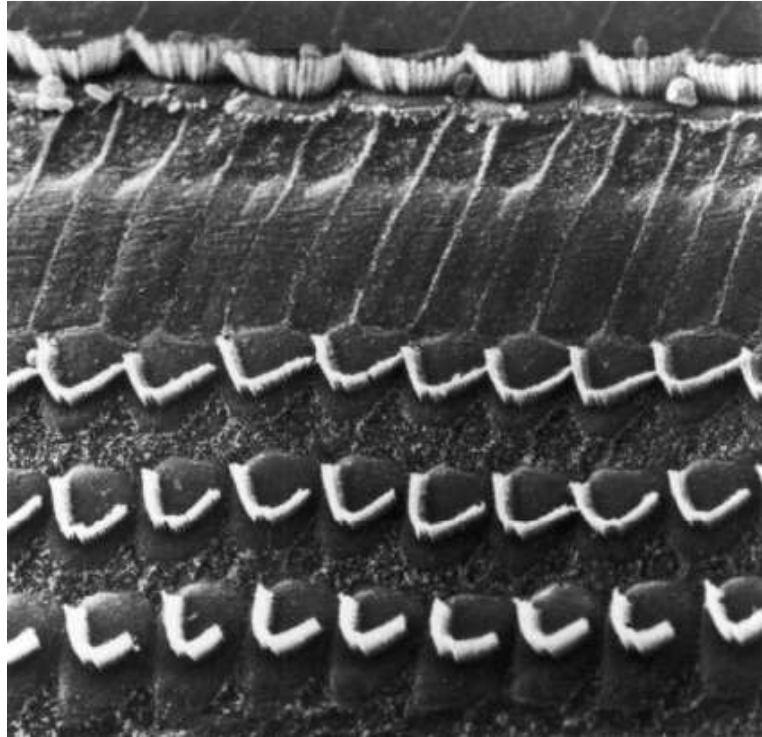


Figura 28 – Células capilares internas e externas do órgão de Corti (adaptado de [\[Goeltzer, B., 2001\]](#))

A fila mais interna destas células encontra-se separada do restante conjunto mais externo, por intermédio do túnel de Corti. De todo este conjunto, apenas as células capilares internas desempenham o papel de transdução do sinal sonoro. Com a vibração da membrana basilar ocorre simultaneamente a vibração da membrana tectorial e do túnel de Corti, o que provoca uma deslocação lateral das células capilares internas. Na ponta destas células existem umas estruturas rígidas semelhantes a pêlos designadas por estereocílios, que ao serem estimuladas enviam impulsos nervosos para o cérebro [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

Na Figura 29 encontra-se uma fotografia dos estereocílios das células capilares obtida recorrendo a um microscópio de varrimento electrónico.

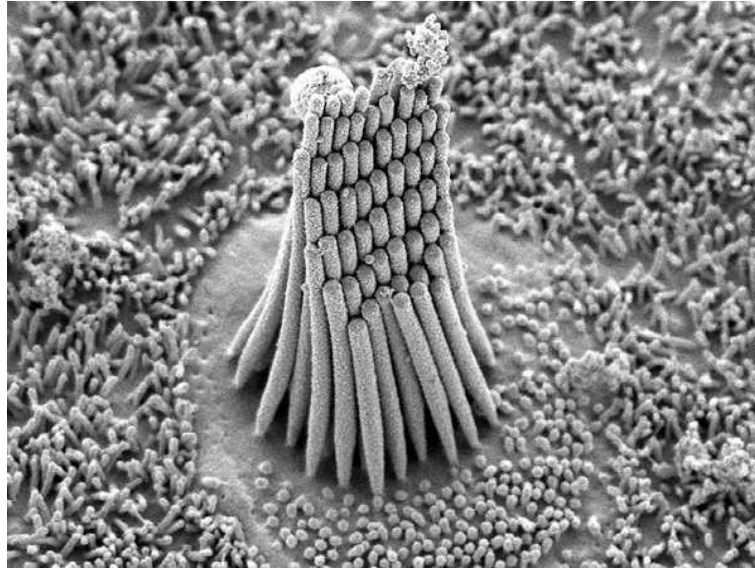


Figura 29 – Estereocílios de uma célula capilar do órgão de Corti (adaptado de [\[Batts, S., 2007\]](#))

As células capilares exteriores encontram-se firmemente presas à membrana tectorial, facto do qual resulta um aumento de sensibilidade e de selectividade acústica, e simultaneamente a protecção das células capilares internas a sons demasiado intensos, mediante um processo designado de mecanismo de amplificação coclear. Este mecanismo só é possível porque as células capilares externas são dotadas de motilidade, isto é, da capacidade de alterar a sua estrutura, alongado ou encurtando o seu comprimento. Desta forma, perante sons de baixa intensidade, estas células alongam e contraem de forma sincronizada com a membrana tectorial permitindo assim a amplificação da onda sonora, e perante sons demasiado intensos, estas células alongam e contraem de forma não sincronizada com a membrana tectorial permitindo assim absorver o excesso de energia que atingiria as células internas [\[Kalinec, F., 2005\]](#), [\[Oghalai, J., 2004\]](#).

Na Figura 30 apresenta-se uma ilustração onde é visível a capacidade de alteração da estrutura das células capilares externas. Nesta figura verificam-se dois cenários, sendo o primeiro relativo ao caso A, onde a célula mantém a sua plena funcionalidade alternando entre contracção e alongamento, e o segundo, relativo ao caso B, onde a célula perdeu a sua electromotilidade.

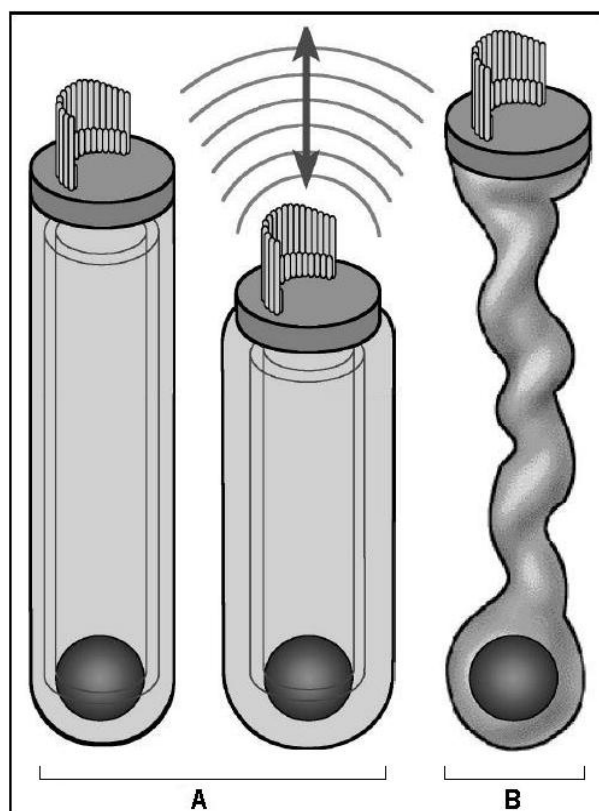


Figura 30 – Electromotilidade das células capilares externas (adaptado de [\[Oghalai, J., 2004\]](#))

As células capilares internas são muito mais resistentes do que as externas, sendo portanto menor a probabilidade destas sofrerem danos com o envelhecimento, o ruído ou drogas ototóxicas³. Na eventualidade das células capilares externas sofrerem danos que resultem na perda da sua capacidade de motilidade, o mecanismo de amplificação deixará de funcionar e as células internas deixarão de ser estimuladas. Neste caso ocorrerá uma perda de audição neurosensorial específica para os sons de baixa intensidade. De facto, as perdas de audição ocorrem primeiramente para a gama de frequências dos 3.000 aos 4.000 Hz. Tal deve-se em parte à já mencionada amplificação que ocorre no canal auditivo externo para estas frequências, que por sua vez resulta num estímulo mais intenso com o qual as células capilares externas terão que lidar. A exposição prolongada a estes sons intensos danificará mais rapidamente estas células, justificando assim a debilidade auditiva que é frequentemente registada para a referida gama de frequências. Tendo em conta que no seres humanos as células capilares não se regeneram, a manutenção da integridade destas deverá ser tida como uma questão de grande importância [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

³ Ver Secção 6.2

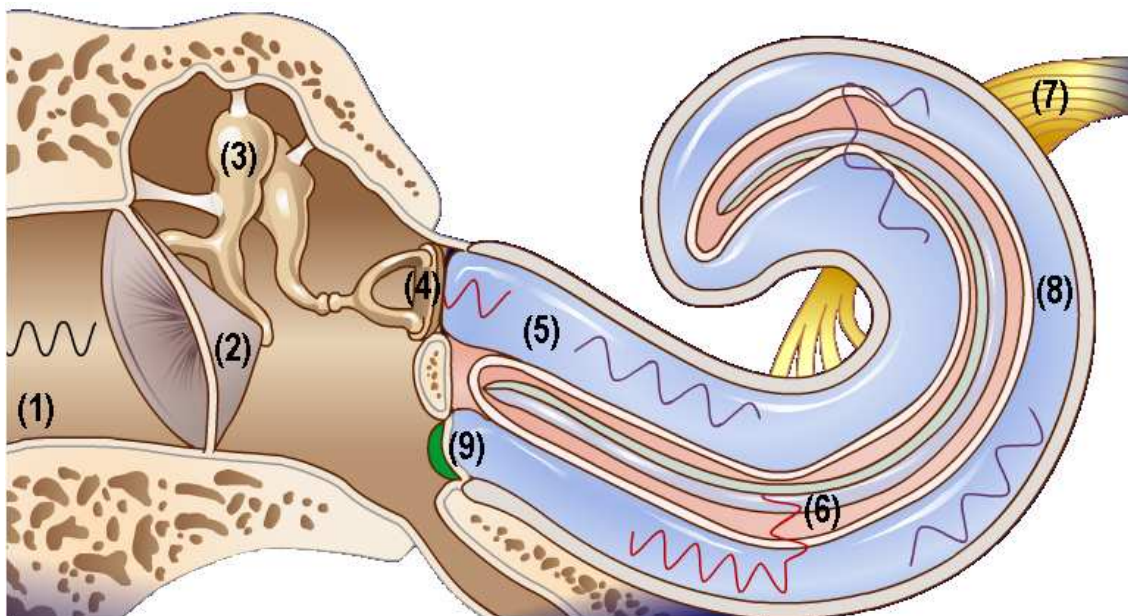


Figura 31 – Síntese do mecanismo auditivo (adaptado de [\[Jensen, M., 2005\]](#))

Como síntese e recorrendo à Figura 31, pode-se referir que o processo auditivo consiste num mecanismo de condução do som e num mecanismo de transdução do som. O primeiro destes mecanismos resulta numa amplificação das ondas sonoras e ocorre ao nível do ouvido externo e do ouvido médio. No ouvido externo, a aurícula captura e canaliza as ondas sonoras para o canal auditivo externo (1). Estas ondas são transmitidas para o ouvido médio por intermédio da membrana timpânica (2), passando então para o conjunto de ossículos (3) que efectua uma última amplificação necessária à correcção da diferença de impedância entre o meio do ouvido médio (ar) e o meio do ouvido interno (líquido). É no ouvido interno (labirinto) que tem lugar o mecanismo de transdução do som. As ondas sonoras entram no labirinto por via da janela oval (4) e propagam-se pela perilinfa da rampa vestibular (5) e da rampa timpânica (8). A transdução da energia acústica ocorre no órgão de Corti (6) onde, por intermédio da ressonância da membrana basilar, as células capilares convertem a energia vibratória em impulsos nervosos que serão encaminhados para o cérebro via nervo auditivo (7). A membrana basilar apresenta diferentes ressonâncias ao longo do seu comprimento e consequentemente as ondas sonoras atravessarão o órgão de Corti em locais diferentes, conforme se tratem de ondas sonoras de alta frequência (a vermelho) ou ondas sonoras de baixa frequência (a roxo). Após atravessarem o órgão de Corti, as ondas sonoras terminam o seu percurso na janela redonda (9).

5 Psicoacústica

Num estudo que envolva o homem enquanto agente exposto a um dado ruído, não se revela suficiente compreender apenas as características físicas da energia acústica envolvida, sendo também necessário perceber como o ser humano reage a este tipo de situação. Desta forma é tão pertinente conhecer o mecanismo da audição, como o é entender a forma através da qual o homem lida com a informação acústica. Para tal, torna-se necessário introduzir alguns conceitos da psicoacústica, nomeadamente o de limiar de audição, o de intensidade auditiva, o da altura do tom, o de timbre, o de mascaramento e o de inteligibilidade [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

5.1 Limiar de Audição

A ISO recomenda o uso de L_I para representar o nível de intensidade auditiva para a pressão relativa de 10^{-12} W/m^2 , no que diz respeito à simbologia a utilizar na representação do limiar de audibilidade. Desta forma, o limiar de audição corresponde ao L_I mínimo perceptível de um tom, detectado para cada uma das frequências da gama de frequências audíveis [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

O tom (presente em um ou nos dois ouvidos recorrendo a auriculares num campo difuso ou gerado numa câmara anecóica por uma fonte sonora situada tendo em conta o sujeito exposto) deverá ter a duração de 1 s. Para tempos de exposição inferiores 0,1 s, existe um aparente aumento de intensidade auditiva à medida que se aumenta a duração do tempo de exposição, e para tempos de exposição superiores a alguns segundos, ocorre uma redução de sensibilidade auditiva que resulta na aparente diminuição da intensidade auditiva com o progressivo aumento da duração do tempo de exposição. Neste último caso, existe um aparente decaimento da intensidade auditiva do tom em cerca de 30 dB(A) para um tempo de exposição de aproximadamente 5 minutos [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

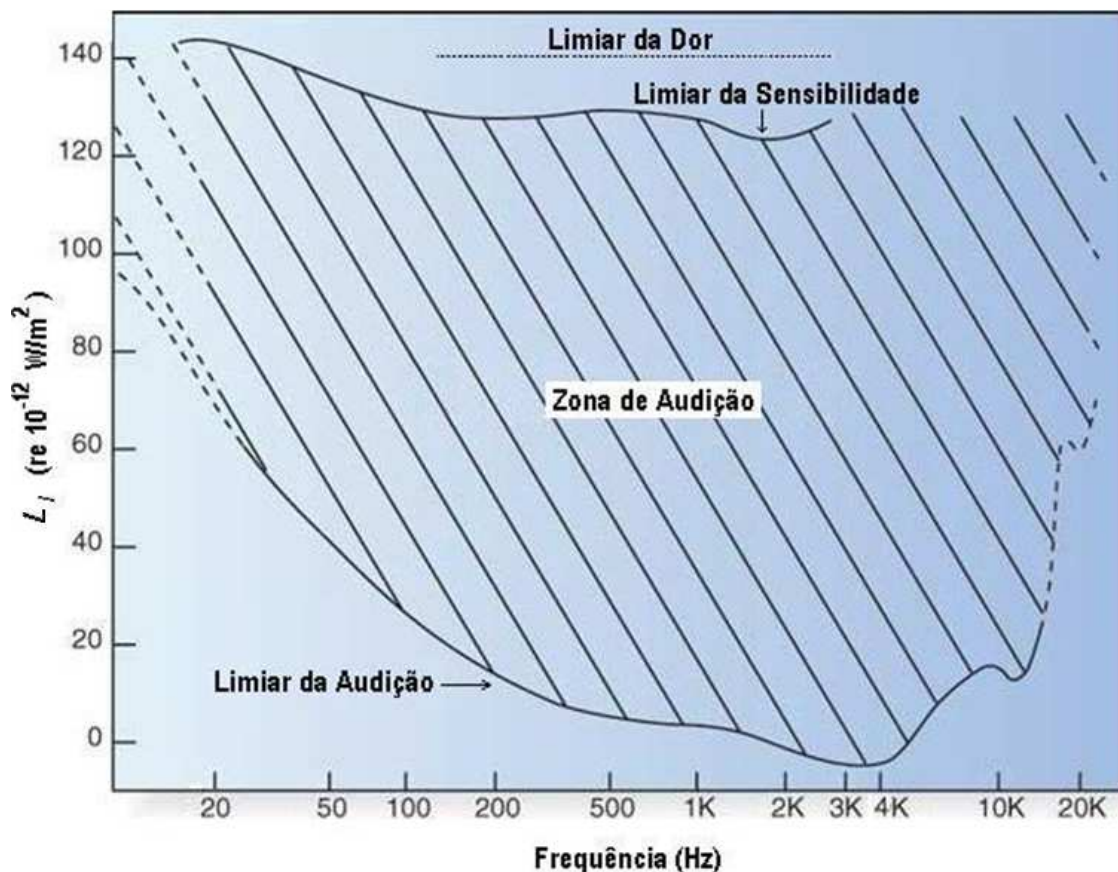


Figura 32 – Campo da resposta sensorial humana (adaptado de [\[Somers, S., 2008\]](#))

Na Figura 32 encontra-se uma representação gráfica da resposta sensorial humana e respectivos limiares associados à mesma, nomeadamente o limiar da audição, o limiar da sensibilidade e o limiar da dor [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

O limiar auditivo apresentado resulta da análise experimental efectuada em jovens isentos de qualquer dano auditivo. A frequência de máxima sensibilidade ocorre no intervalo entre os 3.000 e os 4.000 Hz que, como já foi referido, se deve à amplificação mediada pelo canal auditivo externo. Abaixo deste intervalo, o limiar auditivo aumenta com o decréscimo nas frequências. A título de exemplo, o valor mínimo necessário de energia para produzir um som audível a 30 Hz corresponde aproximadamente a um valor cerca de um milhão de vezes superior ao necessário para produzir um som audível a 4.000 Hz. Acima do mencionado intervalo, o limiar também aumenta até atingir aproximadamente os 9.000 Hz onde decai para então começar a aumentar novamente. De facto, esta é a região onde ocorre uma maior variabilidade de dados, sendo a mesma inerente à subjectividade humana com particular destaque para os sujeitos com idade superior a 30 anos [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

À medida que a intensidade sonora aumenta, o sujeito experimenta uma sensação de aumento da intensidade auditiva até ao ponto em que a mesma dá lugar a uma sensação de formigueiro. O sujeito terá então atingido o seu limiar da sensibilidade, que ocorre aproximadamente para níveis de intensidade de 120 dB(A). Analogamente ao limiar auditivo, o limiar da sensibilidade apresenta também uma correlação com a subjectividade humana, sendo no entanto a mesma menos significativa [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

Com o contínuo aumento da intensidade sonora, a sensação de formigueiro dá lugar a uma sensação de dor. Este estado corresponde ao limiar da dor e ocorre aproximadamente para níveis de intensidade de 130 a 140 dB(A). O limiar da dor não se encontra definido com a mesma precisão do que os restantes limiares, uma vez que as investigações nesta área acarretam consequências com maior potencial no que diz respeito a danos irreversíveis para a audição humana [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

Como foi já mencionado anteriormente, o ouvido responde, de forma relativamente lenta, a sons intensos recorrendo ao reflexo estapediano. Deste fenómeno resultará uma deslocação ascendente do limiar auditivo durante a exposição, sendo a mesma dependente da intensidade e duração do estímulo acústico. Após o cessar da fonte sonora, o limiar auditivo sofrerá uma deslocação descendente que, no caso de uma recuperação total do ouvido, resultará no retorno ao seu estado inicial. Nestas situações diz-se que o sujeito experimentou uma alteração temporária do seu limiar auditivo – ATL (do inglês *TTS – Temporary Threshold Shift*). O tempo necessário para que ocorra a total recuperação do ouvido será tanto maior quanto maior for a intensidade e duração do estímulo acústico. Se a exposição for demasiado longa e/ou intensa, o ouvido poderá não recuperar, sendo actualmente inexequível o retorno do limiar de audição ao seu estado inicial, situação na qual se diz que o sujeito sofreu uma alteração permanente do seu limiar auditivo – APL (do inglês *PTS – Permanent Threshold Shift*) [\[Kinsler, L., 2000\]](#). Todas estas alterações são passíveis de quantificação recorrendo a testes audiométricos⁴.

Na Figura 33 encontra-se uma simulação de uma possível alteração do limiar auditivo resultante de um evento acústico traumático, onde se constata que ocorrem perdas auditivas mais significativas na zona das médias e altas frequências.

⁴ O assunto da audiometria será abordado com maior detalhe na Secção 6.2.2

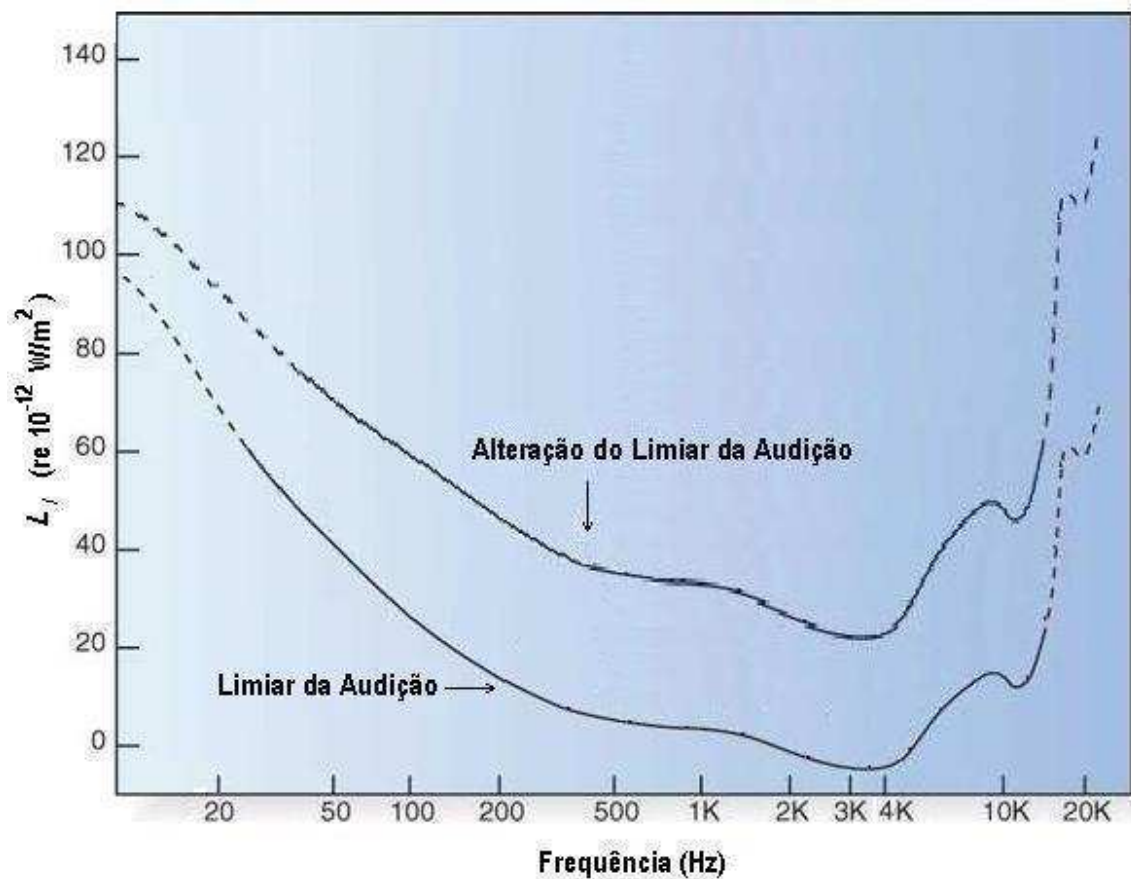


Figura 33 – Alteração do limiar auditivo (adaptado de [\[Somers, S., 2008\]](#))

É pertinente relembrar que este estado de debilidade auditiva corresponde a danos sobre as estruturas do ouvido interno, mais concretamente a danos sobre as células capilares. Embora no ser humano a regeneração destas células não seja possível, existem certos animais onde a mesma ocorre. Estão actualmente a decorrer investigações sobre a aplicabilidade destes mecanismos de regeneração celular no homem [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

5.2 Intensidade Auditiva

A intensidade auditiva não é mais do que uma interpretação subjectiva do nível de pressão sonora ou da intensidade sonora de um fenómeno acústico e encontra-se dependente da frequência. Conforme foi já referido, o sistema auditivo do ser humano apresenta maior dificuldade na interpretação de fenómenos acústicos onde predominem frequências situadas nos extremos do intervalo da gama de frequências audíveis, com particular destaque no que diz respeito às baixas frequências. A malha de ponderação A foi portanto criada de forma a ajustar a escala linear da energia acústica (dB ou dBLin) a uma escala adequada (dB(A)) ao sistema auditivo humano. A título de exemplo, um tom puro a 1.000 Hz com um L_I de 40 dB soará aos nossos ouvidos mais alto do que um tom puro a 80 Hz com um L_I de 50 dB, assim como um tom a 1.000 Hz com um L_I de 70 dB aparentará o mesmo nível de intensidade auditiva do que um tom a 50 Hz com um L_I de 85 dB [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

Para melhor compreender a forma como interpretamos a intensidade dos sons, foram determinadas linhas de igual nível de intensidade auditiva a partir de respostas binaurais de vários jovens saudáveis com idades próximas dos 20 anos, a tons puros normalizados em condições de campo livre (via câmara anecóica). Destas experiências resultaram as linhas que se podem observar na Figura 34.

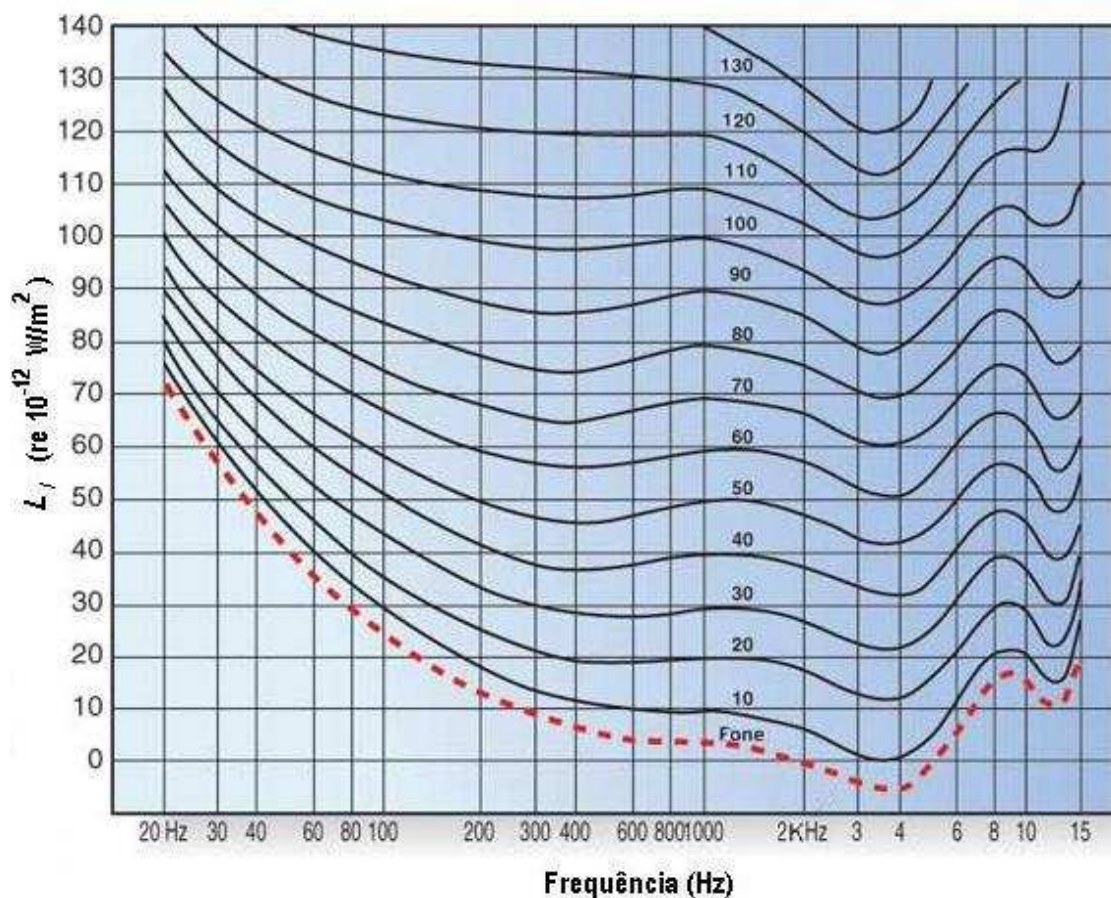


Figura 34 – Linhas de igual nível de intensidade auditiva para tons puros (adaptado de [\[Somers, S., 2008\]](#))

Analisando a Figura 34, verifica-se que os sons de baixa e alta frequência necessitam de uma maior energia para soarem tão intensos como os sons de média frequência. Cada curva representa um nível de intensidade auditiva L_N expresso em fones. Estas curvas foram construídas de forma a obter um L_N igual ao L_I para a frequência de 1.000 Hz. Para todas as outras frequências, esta relação já não se verifica. A título de exemplo, um tom a 40 Hz com um L_I de 90 dB e tom a 4.000 Hz com um L_I de 61 dB possuem o nível de intensidade auditiva L_N de 70 fones. Embora dois sons com igual L_N sejam percebidos como iguais em intensidade, a nossa percepção subjectiva da intensidade auditiva N , não é proporcional ao nível de intensidade auditiva L_N . Isto é, um tom de L_N de 60 fones não soará duas vezes mais intenso do que um tom de L_N de 30 fones. Desta forma, foi criada uma escala diferente para a intensidade auditiva N , sendo esta expressa em sonos e independente da frequência. Uma intensidade auditiva N de 1 sone corresponde a um nível de intensidade auditiva L_N de 40 fones. A título de exemplo, uma intensidade auditiva de 16 sonos corresponderá ao dobro de uma intensidade auditiva de 8 sonos e ao quádruplo de uma intensidade auditiva de 4 sonos [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

Nas Figura 35 e Figura 36 encontram-se as representações gráficas da relação entre a intensidade auditiva N e o nível de intensidade auditiva L_N .

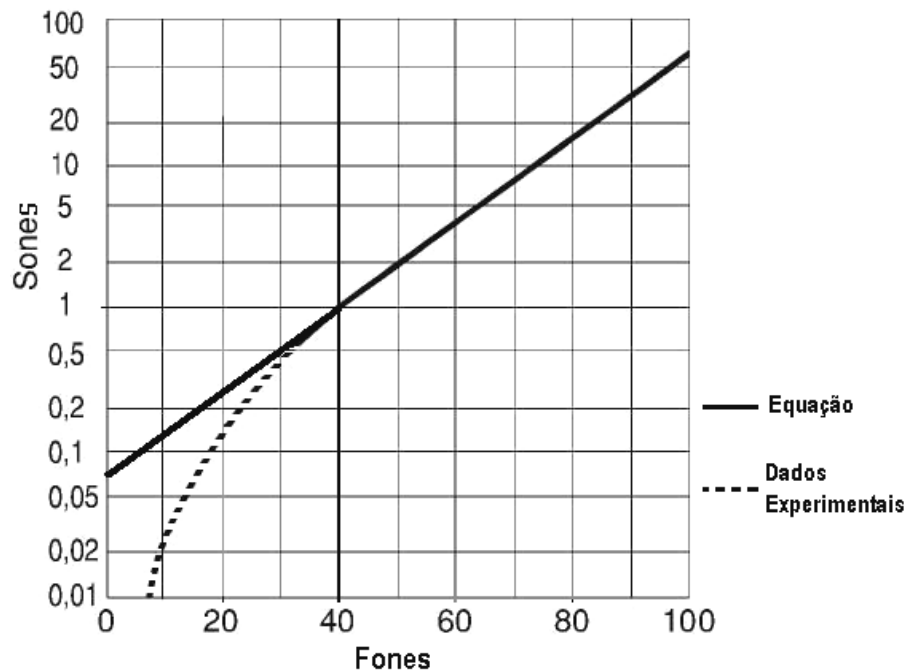


Figura 35 – Intensidade Auditiva N versus Nível de Intensidade Auditiva L_N (adaptado de [\[SP, 2008\]](#))

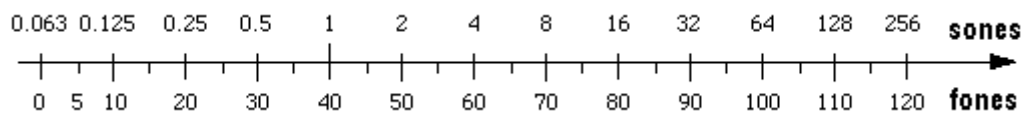


Figura 36 – Linhas de igual nível de intensidade auditiva para tons puros (adaptado de [\[SP, 2008\]](#))

5.3 Altura do Tom

A altura de um tom é outro dos descritores subjectivos do som. Tal como a intensidade auditiva, esta é uma propriedade acústica complexa, dependente de quantificações físicas e de factores subjectivos. Embora seja primariamente determinada pela frequência, a intensidade sonora e forma da onda são também factores que afectam a altura de um tom [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

Regra geral, os sons de baixa frequência são identificados como tons baixos ou tons graves, e os sons de alta frequência como tons altos ou tons agudos [\[Goeltzer, B., 2001\]](#). No entanto, esta definição poderá ser aprimorada mencionando que a altura de um tom representa a

percepção subjectiva da frequência fundamental, percepção esta que se encontra dependente da existência de sobretons⁵ harmónicos ou não-harmónicos [\[Fonseca, N., 2007\]](#).

Para algumas pessoas um incremento de intensidade auditiva resulta numa diminuição da altura de tons abaixo dos 500 Hz e num aumento da altura de tons acima dos 3.000 Hz, enquanto que para os tons entre estas frequências, alterações de intensidade auditiva resultam em variações de altura pouco significativas [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

5.4 O Timbre

O timbre pode ser definido como a propriedade acústica que permite diferenciar tons produzidos por fontes sonoras distintas, quando estes aparentam no entanto possuir a mesma frequência e intensidade auditiva. Esta característica dependerá da forma da onda sonora e do seu envelope sonoro, isto é, dos quatro momentos de um fenómeno acústico (ataque, decaimento, sustento e relaxamento) [\[Nave, C., 2006\]^d](#).

5.5 Efeito de Mascaramento

O efeito de mascaramento consiste no elevar do limiar auditivo para uma dada situação devido à presença de ruído de fundo, ou seja, não é mais do que o alterar da percepção de um som na presença de um outro [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

⁵ São todas as restantes frequências múltiplas e acima da frequência fundamental. Serão sobretons harmónicos caso se tratem de múltiplos inteiros ou não-harmónicos caso se tratem de múltiplos fraccionários.

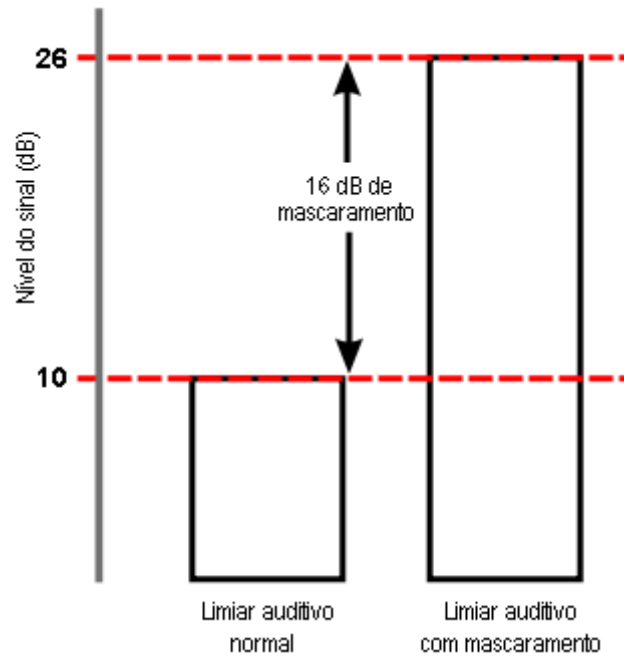


Figura 37 – Alteração do limiar auditivo devido ao efeito de mascaramento (adaptado de [\[Wikipedia, 2007\]](#))

Na Figura 37 verifica-se que o limiar auditivo do sujeito aumenta devido à introdução de um sinal mascarador, que neste caso possui um nível de mascaramento de 16 dB. Isto significa que o fenómeno acústico, que inicialmente era perceptível com um nível de intensidade sonora de 10 dB, terá que ser alvo de um aumento de energia acústica para que se consiga sobrepor à máscara aplicada, o que resultará num novo limiar de audibilidade para um nível de intensidade sonora de 26 dB.

Na Figura 38 podem-se constatar os efeitos de mascaramento às frequências de 400 Hz e de 2.000 Hz [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

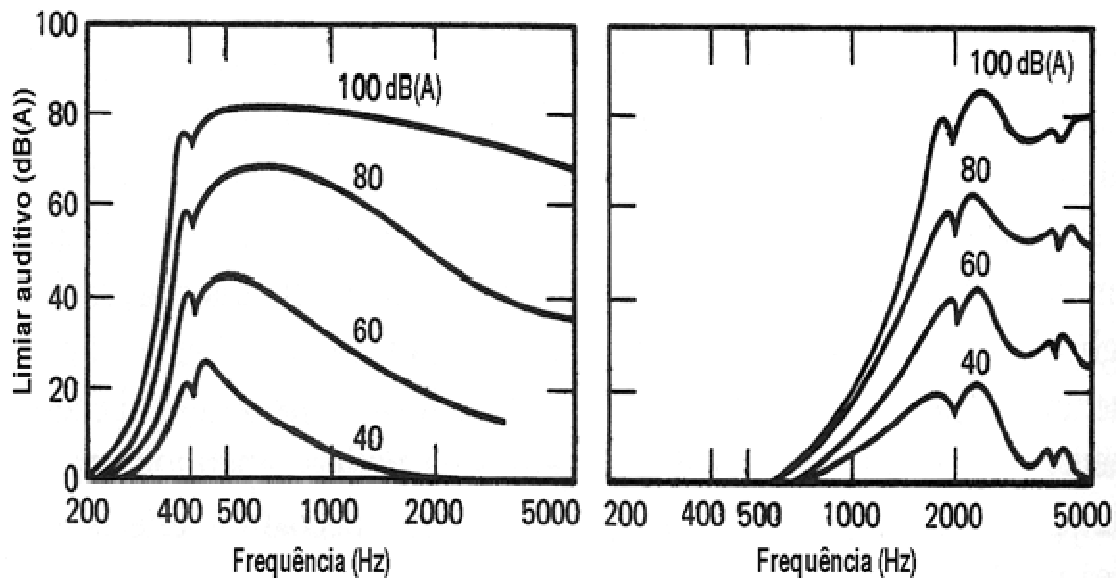


Figura 38 – Mascaramento a diferentes frequências (adaptado de [\[Kinsler, L., 2000\]](#))

Cada uma das máscaras representada na Figura 38 é fixa para uma dada frequência e apenas incrementada em intensidade. O sinal a mascarar varia em frequência e em intensidade e desta forma é conhecida a energia necessária para atingir o limiar auditivo com mascaramento. Máscaras de maior intensidade e máscaras de menor frequência apresentam maior eficiência uma vez que abrangem um maior intervalo de frequências. O aumento de eficiência é mais notório quando se recorre a máscaras de baixa frequência e este fenómeno deve-se às propriedades da membrana basilar. Embora o local de ressonância das baixas frequências esteja localizado no ápice da membrana basilar, estas frequências provocam também deslocações não-negligenciáveis na base da mesma, concorrendo desta forma pelo mesmo local de ressonância das altas frequências o que resulta no mascaramento destas últimas [\[Kinsler, L., 2000\]](#). A título de exemplo, perante um sinal de 1.000 Hz, uma máscara de 900 Hz a 43 dB terá a mesma eficiência do que uma máscara de 1.100 Hz a 75 dB [\[Werner, L., 2004\]](#).

5.6 Inteligibilidade

O conceito de inteligibilidade é de significativa importância para o ser humano uma vez que condiciona a nossa comunicação, mas é sobretudo pertinente nos casos em se verifica um contacto constante com meios ruidosos como é por vezes o caso em certos ambientes de trabalho. Uma perda de inteligibilidade traduz-se numa percepção limitada das palavras que são pronunciadas

durante uma conversação, devido ao efeito de mascaramento. As consoantes, responsáveis pela maior parte da informação num discurso, são facilmente mascaradas pois contêm pouca energia e são constituídas por altas frequências. As palavras monossílabas são também mais facilmente mascaradas do que as bissílabas. Conforme se pode observar na Figura 39, esta propriedade é medida pela percentagem de frases e palavras correctamente percebidas perante variações da relação entre o sinal (conversação) e o ruído ambiente [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

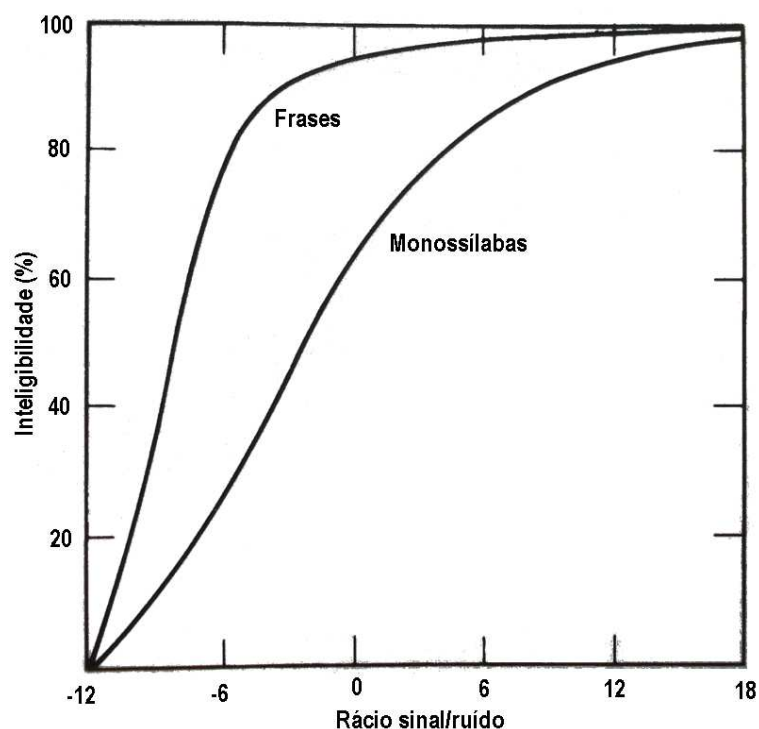


Figura 39 – Inteligibilidade em conversação (adaptado de [\[Kinsler, L., 2000\]](#))

6 Efeitos do Ruído no Corpo Humano

Os efeitos indesejáveis de ruído excessivo podem ser classificados como auditivos e extra-auditivos e dependem de variadíssimas correlações entre as características do ruído – a intensidade, o espectro, as variações temporais e condições de propagação do meio – e as próprias características que definem o ser humano – o seu estado físico, psíquico e sociológico – [\[Silva, P., 1980\]](#). A existência de todos estes factores e das possíveis combinações entre eles, por vezes com efeitos sinérgicos nocivos, torna todo o processo de normalização do conceito “ruído excessivo” num assunto extremamente delicado. Desta forma, antes de proceder à descrição dos variados efeitos do ruído, urge a explicitação dos principais critérios de risco de danos auditivos aplicados a nível mundial.

Actualmente a única medida com total eficácia na prevenção dos efeitos nefastos do ruído excessivo no ser humano, passa por evitar a exposição ao mesmo. Caso esta acção não seja viável deve-se procurar limitar a exposição a níveis aceitáveis de acordo com os critérios de risco de danos auditivos, e empregar medidas que visem minimizar e controlar os efeitos adversos do ruído nomeadamente medidas de engenharia e de *design*, programas de conservação e medidas de protecção individuais e colectivas [\[Beranek, L., 1992\]](#).

Os critérios que serão de seguida abordados centram-se apenas nos efeitos do ruído na audição humana e têm como premissa que o nível de pressão sonora ponderado em A é o método de quantificação de ruído mais adequado para estabelecer relações causa-efeito entre o ruído e os danos auditivos que deles advêm. Assim sendo, os limites de exposição são definidos em termos de nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em malha A ($L_{A\ eq}$), espectro e duração do ruído [\[Beranek, L., 1992\]](#).

6.1 Critérios de Risco de Danos Auditivos

A diferença mais óbvia entre os vários critérios de risco existentes consiste no nível de pressão sonora e na relação deste com a duração da exposição. Esta relação varia de acordo com a regra de duração-intensidade aplicada desde os 3 dB até a um máximo de 5 dB. A regra dos 3 dB, ou regra de igual energia, tem como base o princípio de conservação de energia e é das três a

regra mais conservadora no que diz respeito à preservação do estado auditivo. As regras de 4 dB e 5 dB assumem que o carácter intermitente e que as interrupções na exposição ao ruído reduzem o risco a um nível inferior ao que seria de esperar contabilizando o total de energia acústica. Assim sendo, uma redução de 50% no tempo de exposição corresponderá a um aumento de 3, 4 ou 5 dB no nível de pressão sonora, conforme a regra aplicada [\[Beranek, L., 1992\]](#). Na Tabela 3 encontra-se um resumo geral das actuais entidades e respectivos critérios utilizados.

Tabela 3 – Limites de exposição e duração permitida [\[Beranek, L., 1992\]](#)

Duração da exposição (h)	Igual Energia	OSHA ^a	EPA ^b	NIOSH ^c	Army ^d	Navy ^e	Air Force ^f	Música ^g
8	90	90	75	85	85	84	85	--
4	93	95	--	88	88	88	88	--
2	96	100	--	91	91	92	91	94
1	99	105	--	94	94	96	94	--
0,5	102	110	--	97	97	100	97	--
0,25	105	115	--	100	100	104	100	--

^a Occupational Safety and Health Administration – Administração da Segurança e Saúde no Trabalho

^b Environmental Protection Agency – Agência de Protecção Ambiental

^c National Institute of Occupational Safety and Health – Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional

^d Exército dos Estados Unidos da América (EUA)

^e Exército Naval dos EUA

^f Força Aérea dos EUA

^g Relativamente aos critérios da Força Aérea dos EUA

Serão de seguida desenvolvidos os critérios utilizados pelas entidades descritas na tabela anterior, assim como outros que não constam na mesma, nomeadamente os do *Committee on Hearing, Bioacoustics, and Biomechanics for the National Academy of Sciences - National Research Council* (CHABA), os da ISO 1999.2, os da Organização Internacional do Trabalho (OIT), os do *International Institute of Noise Control Engineering* (I-INCE) e ainda os definidos na legislação europeia.

6.1.1 CHABA

Os critérios para a exposição ao ruído na gama de frequências audíveis foram definidos pelo CHABA em 1965. Este método descreve a exposição ao ruído em termos de tons puros, em bandas de oitava e terços de oitava é aplicável às frequências de 100 a 7.000 Hz. O método define um ruído ambiente como aceitável se deste resultar em média, uma alteração permanente do limiar auditivo, após um horizonte temporal mínimo de 10 anos de exposição diária, de 10 dB a frequências iguais ou inferiores a 1.000 Hz, de 15 dB a 2.000 Hz e de 20 dB a frequências iguais ou superiores a 3.000 Hz. Embora este método tenha sido bastante utilizado, é pertinente referir que o mesmo oferece escassa segurança para actividades que se possam classificar como recentes e que portanto não disponham de um historial de dados extenso o suficiente para estabelecer estas relações de causa-efeito. É por esta razão que é depreciado em comparação com os restantes métodos que recorram a critérios baseados no conceito de nível de pressão sonora ponderado em A [\[Beranek, L., 1992\]](#).

6.1.2 OSHA

A Administração da Segurança e Saúde no Trabalho dos Estados Unidos da América adoptou um nível limite de exposição ao ruído de 90 dB(A) e uma regra de duração-intensidade de 5 dB como método de controlo do ruído no sector industrial. O nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A não poderá, em circunstância alguma e independentemente da duração, superar os 115 dB(A). Estabelece critérios para o ruído impulsivo definindo um nível máximo instantâneo de pressão sonora de 140 dB e define ainda um “nível de acção” aos 85 dB(A) ao qual deverão ser aplicadas medidas de prevenção auditiva. Estas medidas baseiam-se na monitorização do ruído no posto de trabalho, em testes audiométricos, equipamentos de protecção colectiva e individual, formação profissional e conservação de registos e arquivos. Deve ser efectuado um audiograma num período de 6 meses após uma exposição acima do nível de acção e devem ser efectuados audiogramas numa base anual a todos os trabalhadores expostos ao nível de acção. É considerado que ocorreu uma alteração ao limiar auditivo caso se constate uma diferença mínima de 10 dB às frequências de 2.000, 3.000 e 4.000 Hz. Esta entidade permite ainda, a título opcional, a aplicação de um factor de correcção de idade [\[Beranek, L., 1992\]](#).

6.1.3 EPA

A Agência de Protecção Ambiental publicou em 1974 o artigo *“Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety”* em resposta à política de controlo do ruído de 1972. O objectivo deste artigo consistia em identificar os níveis de ruído ambiental que garantissem a protecção sobre os efeitos adversos do ruído na sua saúde e bem-estar da população. Os níveis responsáveis por perda auditiva descritos neste documento tinham como base revisões e análises de estudos científicos assim como a consulta e colaboração de conhecidos especialistas na matéria. Concluiu-se que um L_{eq} de 70 dB para um período de 24 horas, tendo em conta um horizonte temporal de 40 anos de exposição ocupacional, seria o suficiente para proteger virtualmente a totalidade da população (percentil 96) no que diz respeito à conservação da audição. Foi também definido um $L_{eq(8)}$ limite de 75 dB como apropriado para salvaguardar a protecção do trabalhador numa jornada diária de 8 horas de trabalho. Este critério é no entanto tido como demasiado restrito e incompatível com a maioria das actividades laborais [\[Beranek, L., 1992\]](#).

6.1.4 NIOSH

Em 1998 o Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional efectuou uma revisão ao documento publicado em 1972, *“Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Noise”*. Actualmente esta entidade recomenda um nível limite de exposição ao ruído de 85 dB(A) e uma regra de duração-intensidade de 3 dB, o que resulta na admissibilidade de patamar máximo de 100 dB(A) para 15 minutos de exposição. Admite também a integração do ruído impulsivo juntamente com os restantes tipos de ruído, desde que o mesmo não registe um pico superior a 140 dB(A). Assim sendo, afirma ser possível reduzir o risco de desenvolver perda auditiva induzida pelo ruído ocupacional num horizonte temporal de 40 anos, para 8%, valor este bastante inferior ao de 25% estimado para o nível limite de exposição de 90 dB(A) definido pela OSHA [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

Segundo o NIOSH considera-se que ocorreu uma alteração do limiar auditivo em todos os casos onde se constate uma diferença de 15 dB às frequências de 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000 e 6.000 Hz. Acresce ainda o facto destes testes audiológicos seguirem uma metodologia diferente que permite obter, comparativamente à OSHA, uma maior taxa de identificação e uma menor taxa de falsos-positivos no que diz respeito à detecção de debilitações auditivas. Da referida revisão

resultou a exclusão da aplicação de factores de correcção de idade e ainda a inclusão nas recomendações para a gestão de programas de prevenção de perda auditiva, de um sistema de avaliação com o objectivo de obter um *feedback* de forma a conhecer a eficiência do programa aplicado [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

6.1.5 Exército, Força Aérea e Marinha dos EUA

O programa de preservação auditiva do Exército define como 85 dB(A) como o nível máximo de exposição para uma jornada de 8 horas diárias e recorre à regra de duração-intensidade de 3 dB. Todos os militares expostos a este ou níveis superiores deverão ser alvo de medidas de prevenção auditiva à semelhança do que foi já referido para os critérios da OSHA. Em situações de treino com valores de nível de ruído contínuo entre os 85 dB(A) e os 107 dB(A) deverá ser utilizado equipamento de protecção simples e para valores entre os 108 dB(A) e os 118 dB(A) deverá ser utilizado equipamento de protecção dupla. Este programa define como patamar máximo o nível de 100 dB(A) para 15 minutos de exposição, e os seus critérios incluem ainda limites específicos para exposição a ruído impulsivo [\[Beranek, L., 1992\]](#).

O programa de preservação auditiva da Força Aérea é semelhante ao do Exército. Os seus critérios incluem limites específicos para exposição a ruído impulsivo, assim como limites específicos para exposição a ruído composto por infra-som e ultra-som [\[Beranek, L., 1992\]](#).

O programa de preservação auditiva de Marinha segue os mesmos parâmetros que as duas referidas entidades uma vez que todo o historial destas três fracções do poderio militar americano se encontra interligado. No entanto, a Marinha optou por definir um nível limite de exposição ao ruído de 84 dB(A) e aplicar uma regra de duração-intensidade de 4 dB, o que resulta na admissibilidade de um patamar máximo de 104 dB(A) para 15 minutos de exposição [\[NMCPHC, 2007\]](#).

6.1.6 Música

A Força Aérea dos EUA adoptou critérios distintos para os trabalhadores dos seus bares militares e para os clientes dos mesmos. Os trabalhadores devem seguir as recomendações já mencionadas anteriormente para esta entidade, ficando os clientes (civis e militares) sujeitos a critérios específicos para o ruído não-ocupacional. Assim sendo, esta entidade definiu um nível de

94 dB(A) para uma duração máxima de duas horas semanais. Não está portanto definido um valor pico ou um nível máximo, o que permite uma integração de níveis intermitentes de elevada energia no total do tempo de exposição à música recreativa [\[Beranek, L., 1992\]](#).

6.1.7 ISO 1999.2

A ISO 199.2 *Acoustics – Determination of Occupational Noise Exposure and Estimation of Noise-induced Hearing Impairment* de 1990, apresenta-se como um documento fundamental na definição de procedimentos práticos no que diz respeito à estimativa da perda auditiva induzida pelo ruído na população. Os seus procedimentos baseiam-se na regra de igual energia (3 dB) e lidam com a descrição e medição da exposição ao ruído, com a previsão dos efeitos do ruído no limiar auditivo e com a avaliação do risco de perda auditiva induzida pelo ruído. Este método define as exposições em termos de nível de pressão sonora ponderado em A, sendo o período de integração correspondente a um dia ou a uma semana de trabalho. Todos os tipos de ruído são incluídos, atribuindo uma penalização de 5 dB(A) a ruído com componente tonal ou a ruído impulsivo. O nível instantâneo de pressão sonora máximo aceitável é de 140 dB, o nível limite de exposição ao ruído é de 100 dB(A) para uma jornada de 8 horas diárias, e este método só é considerado válido se a exposição diária não ultrapassar 10 dB(A) acima do valor da média diária semanal [\[Beranek, L., 1992\]](#).

6.1.8 OIT

A Convenção n.º 148 sobre a Protecção dos Trabalhadores contra os Riscos Profissionais Devidos a Poluição do Ar, ao Ruído e às Vibrações nos Locais de Trabalho, adoptada em 1977 pela Organização Internacional do Trabalho, refere que, na medida do possível, o ambiente de trabalho deverá ser mantido livre de todos os riscos derivados da poluição do ar, do ruído e vibrações. Esta define que a autoridade nacional competente deverá fixar os critérios que permitam definir os riscos de exposição à poluição do ar, ao ruído e às vibrações nos locais de trabalho e precisar com base nesses critérios os limites de exposição [\[Goeltzer, B., 2001\]](#). No entanto, no código de boas práticas da OIT está patente um nível de aviso aos 85 dB(A) e um nível de perigo aos 90 dB(A), ambos para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias [\[ILS, 1987\]](#).

6.1.9 I-INCE

Em 1997 o relatório final “*Technical Assessment of Upper Limits on Noise in the Workplace*” foi aprovado pelo Instituto Internacional de Engenharia de Controlo de Ruído. Deste constam várias recomendações, nomeadamente a de limitar os níveis de ruído a 85 dB(A) para uma jornada de 8 horas diárias de trabalho, a de definir um pico máximo para o nível de pressão sonora de 140 dB ponderado em C, a de utilização de uma regra de duração-intensidade de 3 dB, e outras medidas específicas com vista à prevenção auditiva do trabalhador [\[Goeltzer, B., 2001\]](#).

6.1.10 Legislação Europeia

Na União Europeia a Directiva n.º 2003/10/CE visa estabelecer uma política vocacionada para o controlo dos riscos inerente à exposição dos trabalhadores ao ruído assim como harmonizar os requerimentos legais que existem a nível nacional. De forma concisa pode-se referir que esta directiva embora ainda não contemple limites quantitativos de exposição relativamente aos efeitos extra-auditivos do ruído, define as várias obrigações das entidades empregadoras para com a preservação das capacidades auditivas dos seus trabalhadores, estabelece como regra de duração-intensidade a regra dos 3 dB, define um valor limite de exposição e introduz o conceito de valores de acção inferior e superior para jornadas de 8 horas diárias de trabalho. O valor limite de exposição, tendo em conta a atenuação proporcionada pelos protectores auditivos, é de 87 dB(A) e 200 Pa. Quanto aos valores de acção, define o valor de acção inferior para os 80 dB(A) e 112 Pa e o valor de acção superior para 85 dB(A) e 140 Pa [\[Directive 2003/10/EC\]](#).

Na legislação portuguesa o Decreto-Lei 182/2006 de 6 de Setembro transpõe da Directiva n.º 2003/10/CE as prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes a trabalhadores expostos ao ruído. Neste decreto actualizam-se alguns dos critérios definidos na ISO 1999:1990, nomeadamente os relativos aos níveis de exposição diária de um trabalhador e os relativos aos valores da média diária semanal de exposição. Embora estabeleça o mesmo valor limite de exposição e valores de acção de exposição inferior e superior que constam da Directiva, este decreto define também valores picos equivalentes em termos de nível de pressão sonora ponderada em C [\[DL 182/2006\]](#).

6.2 Efeitos do Ruído na Audição

A perda de audição é uma das privações sensoriais que maior transtorno causa no processo de comunicação. Esta perda pode ser classificada como condutiva, neurosensorial ou mista [\[Shiel, W., 2006\]](#), [\[MM, 2008\]](#).

Estamos perante uma perda de audição condutiva quando existem condicionantes no ouvido externo e ouvido médio. Desta forma, patologias como a otite e otosclerose, assim como outras condicionantes como por exemplo a acumulação anormal de cera no canal auditivo podem desencadear perdas de audição condutivas, visto criarem uma obstrução à normal propagação do som [\[Shiel, W., 2006\]](#), [\[MM, 2008\]](#).

As perdas auditivas neurosensoriais advêm de condicionantes que actuam ao nível do ouvido interno, da coluna vertebral e do próprio cérebro. Algumas patologias como a doença de Ménière, danos nos nervos derivados de sífilis ou de tumores, bem como o consumo de drogas ototóxicas (ver Anexo G) podem originar perdas auditivas neurosensoriais. Existem também perdas auditivas desencadeadas por degenerações cujas causas são desconhecidas ou não fundamentadas cientificamente. Este tipo de perda neurosensorial é designado por perda auditiva idiopática. Existe ainda um outro tipo de perda neurosensorial, designado por presbiacusia, que corresponde à diminuição da acuidade auditiva com o avanço da idade, ou seja, corresponde a uma tipo de perda auditiva que resulta do somatório de todas as alterações degenerativas do aparelho auditivo que vão ocorrendo ao longo da nossa vida [\[Shiel, W., 2006\]](#), [\[MM, 2008\]](#), [\[Fordice, J., 1993\]](#).

Em termos latos é possível classificar a perda auditiva de acordo com a sua origem, nomeadamente em socioacusia, que se entende como perda auditiva resultante de exposição ao ruído proveniente das mais variadas fontes no seio da nossa sociedade, e em nosoacusia, quando se trata de uma perda auditiva resultante de doenças otológicas [\[Dobie, R., 1982\]](#).

Num cenário de socioacusia, a perda de audição pode ocorrer sob a forma de um trauma acústico agudo ou sob a forma de trauma acústico crónico. A primeira situação corresponde a eventos de exposição a sons de elevada intensidade, tais como explosões ou disparos de armas de fogo, que podem resultar na ruptura da membrana timpânica, em danos nos ossículos, na destruição das células capilares ou mesmo no colapso de uma secção do órgão de Corti. Este tipo de perda auditiva ocorre repentinamente e está sempre associada a um tipo específico de ruído. A segunda situação diz respeito a exposições de níveis de pressão sonora inferiores aos necessários para provocar trauma agudo, mas que quando ocorrem repetidamente ou de forma contínua durante

o tempo necessário, podem originar a disfunção ou destruição das células capilares, como o resultado de um *stress* metabólico em células que se encontram estimuladas para além do seu limite [\[Kinsler, L., 2000\]](#).

6.2.1 Perda de Audição Induzida pelo Ruído (PAIR)

A perda de audição induzida pelo ruído, também designada por PAIR, é quantificada pela já referida alteração permanente do limiar auditivo em função da frequência. É comum utilizar o termo deficiência auditiva para especificar a disfuncionalidade em termos de percepção da fala inerente à PAIR, sendo a mesma expressa em termos de APL às frequências de 500, 1.000 e 2.000 Hz. Foi seleccionada a referida gama de frequências por ser aquela que melhor caracteriza os sons das consoantes, que, como já foi referido anteriormente, são as principais componentes da fala responsáveis por uma correcta inteligibilidade [\[Kinsler, L., 2000\]](#). Na Tabela 4 encontra-se a classificação da deficiência auditiva tendo em conta o factor inteligibilidade.

Tabela 4 – Classificação da deficiência auditiva (adaptado de [\[Kinsler, L., 2000\]](#))

Média da perda auditiva a 500, 1.000 e a 2.000 Hz (dB)	Classificação
<25	Dentro dos limites normais
26-40	Leve
41-55	Moderada
56-70	Moderadamente grave
71-90	Grave
>91	Profunda

A PAIR, segundo as especificações do *American College of Occupational Medicine Noise and Hearing Conservation Committee* é caracterizada por ser neurosensorial, por ser praticamente sempre bilateral e simétrica, por raramente conduzir a um estado de profunda surdez, por apresentar um cessar da progressão assim que ocorre o término da exposição ao ruído a ela associada, por manifestar uma progressão lenta à medida que o limiar de audição aumenta, por resultar num entalhe prenunciado na frequência dos 4.000 Hz, assim como numa afectação mais significativa de frequências elevadas (3.000 a 6.000 Hz) do que nas frequências mais baixas (500 a 2.000Hz), e por conferir um máximo de debilidade auditiva ao fim de 10 a 15 anos de exposição crónica [\[Rosen, E., 2001\]](#).

Na Tabela 5 encontra-se o risco de surdez (alteração do limiar auditivo em mais de 25 dB(A)) associado à duração da exposição, de acordo com a Norma Portuguesa n.º 1733.

Tabela 5 – Risco de surdez associado à duração da exposição [NP 1733]

Nível dB(A)	Anos de Exposição									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
<80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	1	3	5	6	7	8	9	10	7
90	0	4	10	14	16	16	18	20	21	15
95	0	7	17	24	28	29	31	32	29	23
100	0	12	29	37	42	43	44	44	41	33
105	0	18	42	53	58	60	62	61	54	41
110	0	26	55	71	78	78	77	72	62	45
115	0	36	71	83	87	84	81	75	64	47

É pertinente constatar que a aparente diminuição do risco com o progressivo aumento dos anos de exposição tem como fundamento a correcção aplicada com vista ao ajustamento à idade.

6.2.2 Audiogramas e Testes Audiométricos

Tento já sido mencionados por algumas vezes os termos audiograma e testes audiométricos, é pertinente esclarecer o procedimento que está por detrás da avaliação do estado auditivo de uma pessoa. Um audiograma trata-se de um teste subjectivo, preferencialmente efectuado numa cabine audiométrica, que permite quantificar as perdas auditivas de cada ouvido a frequências de tons puros, em intervalos de oitava ou de terços de oitava desde os 125 aos 8.000 Hz, e a intensidades variáveis em 5 dB (A) desde -10 a 120 dB (A). O paciente apenas terá de indicar quando ouve o tom e o seu limiar auditivo será assim avaliado. Os resultados são descritos num gráfico no qual o eixo vertical representa a intensidade sonora em dB(A) e o eixo horizontal as várias frequências em Hz [\[DWP, 2001\]](#).

Os resultados de uma audiometria permitem avaliar o estado auditivo do sujeito definindo o tipo de perda auditiva (neurosensorial, condutiva ou mista), o grau de perda auditiva (leve,

moderada, moderadamente grave, grave e profunda), o tipo de traçado obtido e a similaridade entre ouvidos (unilateral/bilateral, simétrico/assimétrico) [\[HT, 2005\]](#).

Conforme o tipo de análise que se pretenda, é efectuada uma audiometria de condução aérea isoladamente, ou conjuntamente com uma audiometria de condução óssea. O primeiro exame consiste numa audiometria tonal que permite avaliar simultaneamente o estado dos componentes de condução aérea (ouvido externo e médio) e componentes neurosensoriais (cóclea e nervo auditivo) do ouvido, e desta forma averiguar a existência de uma perda auditiva. O segundo exame consiste na aplicação de um estímulo vibratório na proeminência mastóide (com ou sem mascaramento no ouvido oposto), que permite avaliar o estado da cóclea e do nervo auditivo. O desfasamento entre os limiares gerados por estes dois exames permitirá a classificação do tipo de perda auditiva em questão. A audiometria de condução aérea é registada utilizando os símbolos ○ / X (sem mascaramento) e △ / □ (com mascaramento) para o ouvido direito e esquerdo respectivamente, e a audiometria por condução óssea é registada utilizando os símbolos < / > (sem mascaramento), [/] (com mascaramento) para o ouvido direito e esquerdo respectivamente [\[HT, 2005\]](#).

Nas Figura 40 a Figura 42 são visíveis esquemas conducentes dos três tipos de perda auditiva mencionados. No primeiro caso constata-se que existe uma diferença entre os limiares aéreo e por condução superior a 10 dB(A), sendo portanto a perda auditiva de origem condutiva. Perante este cenário diz-se que pode ainda existir a possibilidade de o paciente recuperar alguma capacidade auditiva pois a mesma pode estar associada a patologias passíveis de tratamento, como é o caso de otites do ouvido médio ou de certas anomalias estruturais ósseas. No segundo caso diz-se que o paciente sofre de uma perda auditiva neurosensorial pois os seus limiares aéreo e por condução encontram-se praticamente coincidentes com um desfasamento não superior a 10 dB(A). Por fim, o terceiro caso corresponde a um paciente com uma perda auditiva mista, uma vez que nesta situação existe uma componente de perda condutiva e uma componente de perda neurosensorial [\[Donovan, D., 2006\]](#).

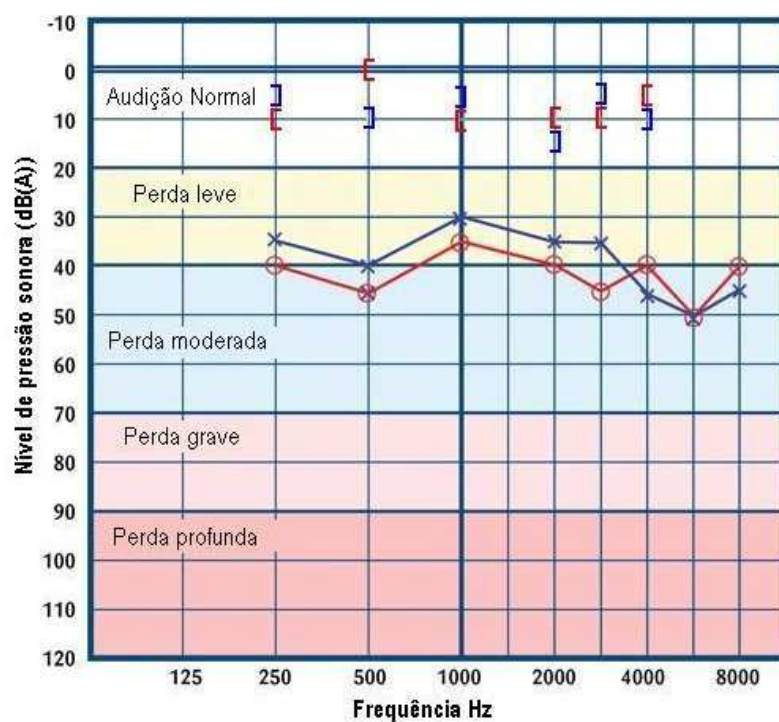


Figura 40 – Audiograma conducente de perda auditiva condutiva (adaptado de [HT, 2005])

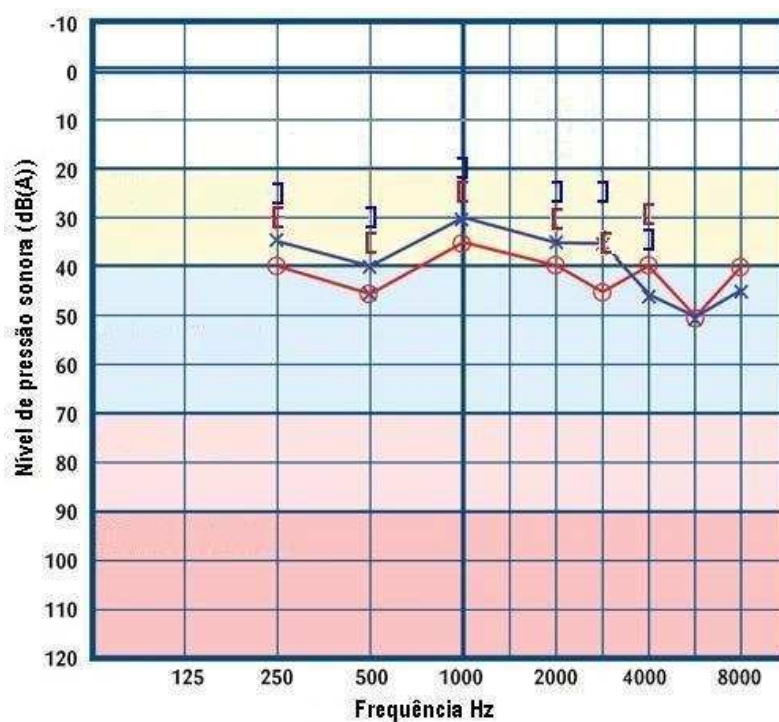


Figura 41 – Audiograma conducente de perda auditiva neurosensorial (adaptado de [HT, 2005])

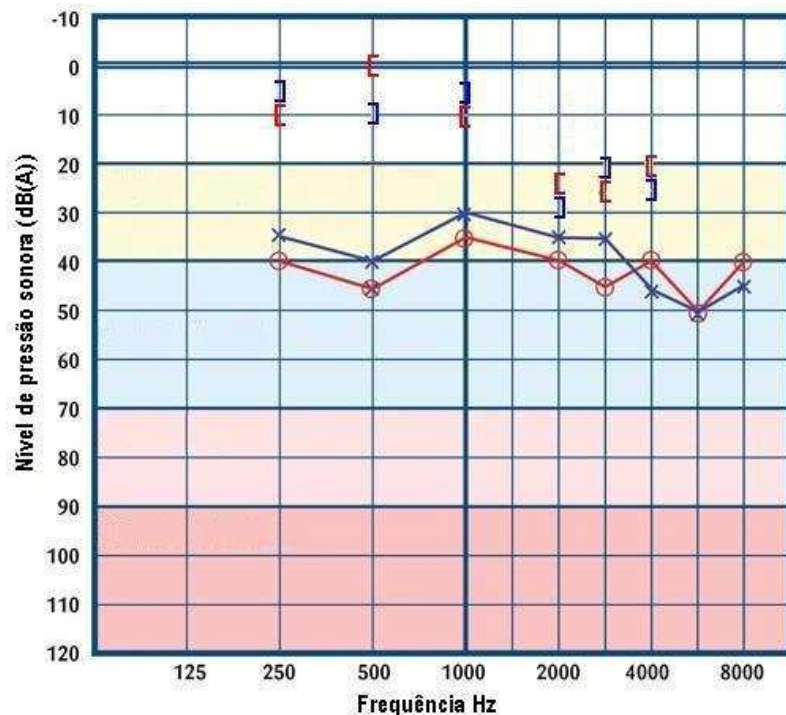


Figura 42 – Audiograma conducente de perda auditiva mista (adaptado de [JHT, 2005](#))

Como foi mencionado na Secção 5.1, após uma exposição significativa ao ruído, ocorrerá uma alteração temporária do limiar auditivo do sujeito exposto. O tempo necessário para que ocorra a recuperação do estado inicial do limiar auditivo, quando a mesma é passível de ocorrer, dependerá das características da exposição ao ruído e do estado físico e psicológico do sujeito. É no entanto recomendado um período mínimo de repouso auditivo, isento de níveis de ruído elevados, antes da avaliação audiométrica. Este período de repouso, de 12 horas no caso da NIOSH e de 14 horas no caso da OSHA, é aplicado com o intuito de permitir avaliar adequadamente as alterações permanentes que possam ter ocorrido ao limiar auditivo [\[Goeltzer, B., 2001\]](#). Mais recentemente, a *Health & Safety Commission* do Reino Unido sugeriu um período mínimo de repouso acústico de 16 horas [\[HSC, 2004\]](#).

6.2.3 Tinnitus

Existem ainda um outro efeito sobre o aparelho auditivo designado por *tinnitus*, que pode resultar de exposições a níveis elevados de ruído. Não se trata de uma doença mas sim de um sintoma, e o mesmo não é exclusivo de exposições a ruídos intensos, podendo advir de infecções

auditivas, acumulação de cera, doenças da cóclea e do nervo auditivo, uso de certos medicamentos com potencial ototóxico e entre outras causas [\[eMedicine, 2006\]](#), [\[NLM, 2008\]](#).

O *tinnitus* é usualmente descrito como uma sensação de zumbido ou outras formas de ruído que persistem nos ouvidos. Este fenómeno, que poderá persistir até 24 horas após a exposição, é típico entre os jovens que assistem a concertos de músicas ou que frequentam discotecas onde se verificam níveis elevados de ruído. Aproximadamente 25% dos trabalhadores com debilidade auditiva e *tinnitus* consideram este último como mais perturbador [\[Passchier-Vermeer, W., 2000\]](#), [\[Chung, J., 2004\]](#).

6.2.4 Susceptibilidade Individual

A susceptibilidade individual desempenha um papel de significativa importância relativamente às discrepâncias que se constata na PAIR diagnosticada entre indivíduos que aparentemente se encontram em igualdade de circunstâncias no que diz respeito a condições de exposição de ruído. A título de exemplo, de acordo com a base de dados da ISO 1999-1990, uma exposição de 100 dB(A) para uma jornada de 8 horas diárias durante 30 anos, produzirá uma PAIR a 4.000 Hz de 45 dB com uma variação de 60 dB entre o percentil 10 e o percentil 96. Isto significa que uma exposição nestas condições poderá dar lugar a um cenário onde o sujeito apresenta uma perda auditiva moderada ou a um cenário onde o sujeito apresenta uma perda auditiva profunda [\[Pyykkö, I., 2007\]](#).

Desta forma, quando se avalia a PAIR é importante averiguar a existência de vários interferentes que podem alterar a susceptibilidade individual ao ruído. Torna-se então necessário conhecer certos aspectos da situação ruído-indivíduo, nomeadamente a proveniência do ruído, o historial clínico do sujeito, a influência de substâncias ototóxicas e de potenciais hábitos comprometedores do estado auditivo [\[Pyykkö, I., 2007\]](#).

Na Figura 43 apresenta-se um esquema com alguns dos factores e interferentes mais pertinentes da PAIR.

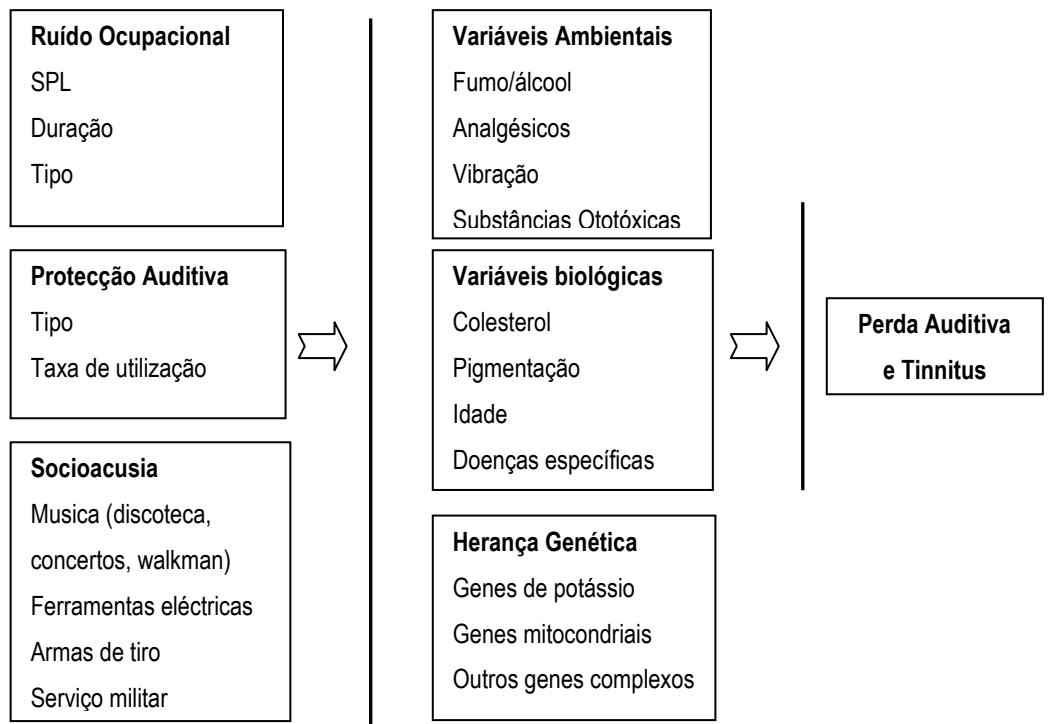


Figura 43 – Factores e interferentes da PAIR (adaptado de [\[Pyykkö, I., 2007\]](#))

Relativamente à proveniência do ruído, é pertinente procurar contabilizar não só a exposição ao ruído ocupacional, como também ao ruído não-ocupacional, como por exemplo, o ruído a que uma pessoa está sujeita no seu tempo de lazer, seja mediante o uso de auriculares para ouvir música (*walkman*), idas a concertos/discotecas e o uso de armas de fogo, ou até mesmo o ruído a que uma pessoa está sujeita durante o serviço militar [\[Pyykkö, I., 2007\]](#).

No que diz respeito ao historial clínico do sujeito, é de extrema importância recolher informações sobre a incidência de patologias do ouvido médio, de cirurgias otológicas, de doenças do foro neurológico, de infecções do sistema nervoso central, de casos de traumas acústicos anteriores, de indícios de vertigens e de sensibilidade a queimaduras solares, assim como informações sobre a pressão arterial, a frequência cardíaca e níveis de colesterol, uma vez que estas variáveis permitem estabelecer relações entre o estado de saúde e a susceptibilidade à PAIR. É também importante analisar o papel da herança genética no que diz respeito aos aspectos clínicos atrás mencionados [\[Pyykkö, I., 2007\]](#).

Até mesmo variáveis que aparentam escassa relação com a PAIR podem contribuir para uma diferente susceptibilidade a esta patologia, como por exemplo, as já citadas substâncias ototóxicas, onde se inserem certos medicamentos e determinados solventes, que demonstraram

possuir um efeito sinérgico nocivo sobre a PAIR. Por esta razão é necessário conhecer o historial do sujeito no que diz respeito à relação do mesmo com estes químicos [\[Pyykkö, I., 2007\]](#).

Também hábitos vulgarmente tidos como externos a esta patologia, como o fumar e/ou beber, podem ter consequências várias sobre a susceptibilidade à PAIR. O consumo de álcool, quando efectuado em doses moderadas (0,08% de álcool no sangue), promove uma maior tolerância ao ruído e permite uma recuperação mais célere da fadiga auditiva. Relativamente ao consumo de tabaco, embora este resulte em alterações do limiar auditivo menos significativas, o tempo de restituição das mesmas é superior, sendo portanto considerado como um hábito comprometedor da audição [\[Strasser, H., 2002\]](#), [\[Pouryaghoub, G., 2006\]](#).

Todas estas variáveis e os seus potenciais efeitos sinérgicos nocivos contribuem para que cada indivíduo seja único em termos de sensibilidade ao ruído. Assim sendo, a caracterização do sujeito revê-se como um procedimento indispensável, uma vez que este constitui o único método de mensuração da susceptibilidade individual. Acresce a tudo isto o facto de cada indivíduo ser único, o que em última instância confere um carácter de incerteza à mensuração da susceptibilidade ao ruído.

Embora se considere que as frequências audíveis compreendem as frequências entre os 20 e os 20.000 Hz, intervalo este adoptado no que diz respeito ao presente trabalho de mestrado, existem estudos que comprovam que a sensibilidade auditiva e tolerância à dor se propagam para além dos referidos limites. A título de exemplo apresenta-se a Figura 44, no sentido de demonstrar, mediante vários estudos e pesquisas, a variabilidade do potencial humano no que concerne a sensibilidade auditiva e limiar de dor.

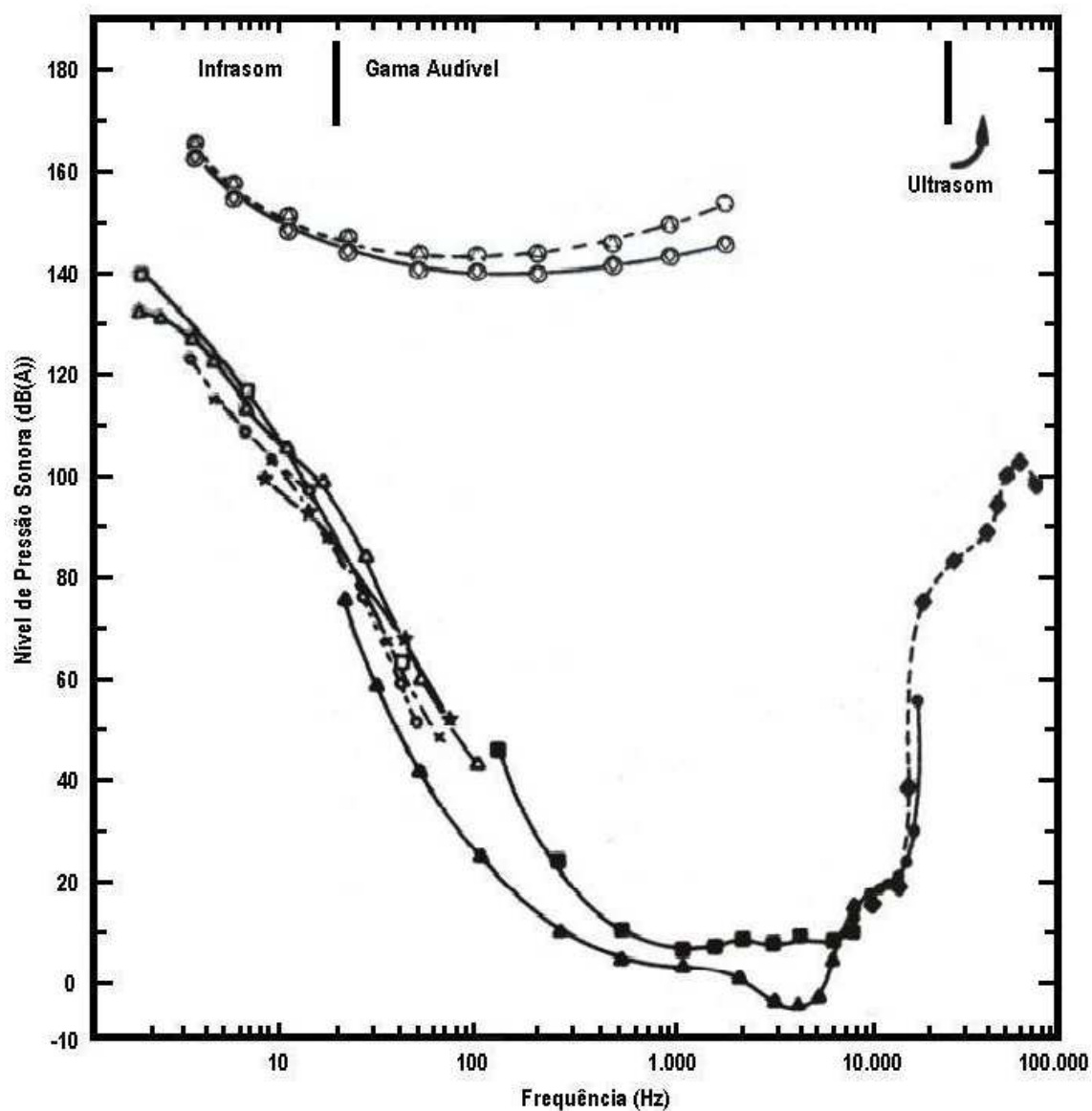


Figura 44 – Sensibilidade auditiva e limiar da dor para tons puros, ruído em bandas de oitava e pressão estática: (Δ) BENOX (1953), limiar da dor com tons puros; (\square) dor com pressão estática; (\square) Bekesy (1960) com tons puros; (\diamond) formigueiro, dor com tons puros; (\blacktriangle) ISO R226 (1961) com tons puros; (\blacklozenge) Corso (1963), condução óssea com tons puros com menos 40 dB; (\circ) Yeowart, Bryan, and Tempest (1960) tons puros; (\times) ruído em bandas de oitava; (\blacksquare) valores normalizados da American National Standard on Specifications for Audiometers (1969) com tons puros; (\bullet) Northern *et al.* (1972), tons puros; (\triangle) Whittle, Collins and Robinson (1972) com tons puros; (\star) Yamada *et al.* (1986) com tons puros (adaptado de [Beranek, L., 1992](#))

6.3 Efeitos Extra-Auditivos do Ruído

Antes de explicitar os efeitos extra-auditivos do ruído na saúde humana, torna-se necessário definir a profundidade do referido termo. No que diz respeito ao presente estudo, são tidos como efeitos extra-auditivos todos aqueles que afectem a saúde e bem-estar do indivíduo, à excepção dos efeitos directos do ruído sobre o aparelho auditivo.

Os efeitos extra-auditivos do ruído na saúde humana derivam de um mecanismo de resposta a acções externas, entendidas como factores de *stress* para o nosso organismo. As reacções a estes agentes externos podem ser de natureza psicológica (sensação de medo, depressão, tristeza, entre outras), comportamental (isolamento social, agressividade, consumo excessivo de álcool, tabaco, drogas, entre outras) e somática (doenças cardiovasculares, gastrointestinais e respiratórias, alterações hormonais, entre outras) [\[Passchier-Vermeer, W., 2000\]](#).

O principal problema da avaliação destes efeitos na saúde humana reside no facto destes serem não-específicos do ruído, uma vez que existe uma série de factores interferentes que causam os mesmos efeitos, e para os quais se torna necessário efectuar um adequado despiste [\[Passchier-Vermeer, W., 2000\]](#).

Nas Tabela 6 e Tabela 7 apresenta-se uma compilação de informação contida em estudos epidemiológicos já efectuados sobre os efeitos adversos da exposição ao ruído ocupacional e ambiental no corpo humano. São somente apresentados os limiares de ocorrência, em termos de dB(A), das situações em que existe evidência suficiente da relação causal entre ruído e saúde [\[Passchier-Vermeer, W., 2000\]](#).

Tabela 6 – Exposição a ruído e classificação da evidência dos seus efeitos a longo-prazo ^a [\[Passchier-Vermeer, W., 2000\]](#)

Efeito na saúde humana	Evidência ^b	Tipo de exposição	Limiar de ocorrência ^c		
			Parâmetro	Valor (dB(A))	Local de medição
Perda auditiva	Suficiente	Ocupacional	$L_{Aeq, 8h}$	75	
		Ambiental	$L_{Aeq, 24h}$	70	Interior
		Ocup. grávida	$L_{Aeq, 8h}$	< 85	
Hipertensão	Suficiente	Ocup. industrial	$L_{Aeq, 8h}$	< 85	Interior
		Ambiental	L_{dn}	70	Exterior
Doença isquêmica cardíaca	Suficiente	Ambiental	L_{dn}	70	Exterior
Efeitos bioquímicos	Limitada	Ocupacional Ambiental			
Efeitos no sistema imunitário	Limitada	Ocupacional Ambiental			
Peso do recém-nascido	Limitada	Ocupacional Ambiental			
Efeitos congénitos	Insuficiente	Ocupacional Ambiental			
Desordens psiquiátricas	Limitada	Ambiental			
Irritabilidade	Suficiente	Ocup. escritório	$L_{Aeq, 8h}$	< 55	Interior
		Ocup. industrial	$L_{Aeq, 8h}$	< 85	
		Ambiental	L_{dn}	42 ^d	Exterior
Taxa de absentismo	Limitada	Ocup. escritório Ocup. industrial			
Bem-estar psicossocial	Limitada	Ambiental			
Desempenho	Limitada	Ocup. ambiental			
	Suficiente	Escola	$L_{Aeq, escola}$	70	Exterior

Tabela 7 – Exposição a ruído e classificação da evidência dos seus efeitos a longo-prazo ^a [\[Passchier-Vermeer, W., 2000\]](#) (cont.)

Efeito na saúde humana	Evidência ^b	Tipo de exposição	Limiar de ocorrência ^c		
			Parâmetro	Valor (dB(A))	Local de medição
Alterações provocadas pelos distúrbios de sono em:					
Padrão de sono	Suficiente	Durante o sono	<i>L_{A eq, noite}</i>	< 60	Exterior
Despertares			<i>L_{A eq, 1 seg}</i>	55	Interior
Fases de sono			<i>L_{A eq, 1 seg}</i>	35	Interior
Qualidade de descanso			<i>L_{A eq, noite}</i>	40	Exterior
Frequência cardíaca	Limitada	Durante o sono	<i>L_{A eq, 1 seg}</i>	40	Interior
Níveis hormonais					
Sistema imunitário			Inadequada		
Humor, dia seguinte	Suficiente		<i>L_{A eq, noite}</i>	< 60	Exterior
Desempenho, dia seguinte	Limitada				

^a Tabela adaptada do relatório de *Health Council* de 1994 e dos relatórios do *International Commission on the Biological Effects of Noise* de 1998. ^b Classificação da evidência da relação causal entre ruído e saúde. ^c Limiar de ocorrência das situações em que existe evidência considerada suficiente. ^d Este limiar é 12 dB(A) inferior no caso de ruído impulsivo.

Na Figura 45 apresenta-se um esquema síntese dos principais efeitos extra-auditivos do ruído no corpo humano. De seguida serão então aprofundados os mencionados efeitos no corpo humano.

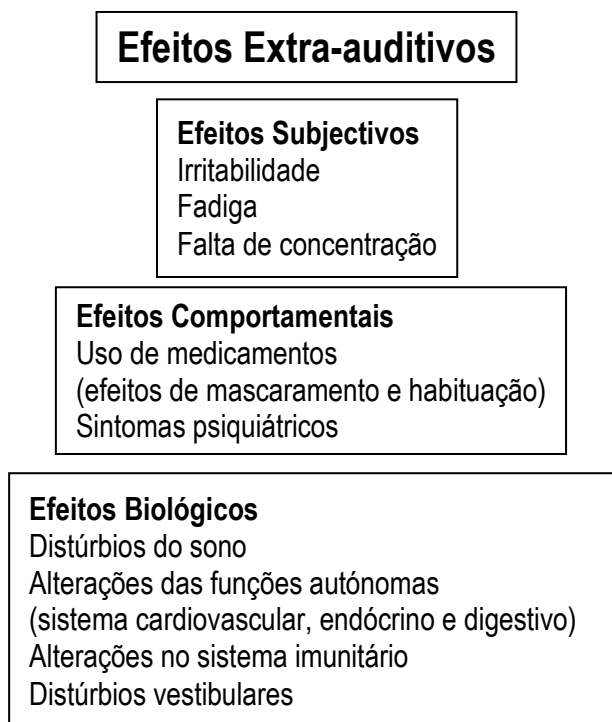


Figura 45 – Principais efeitos extra-auditivos do ruído (adaptado de [\[Pykkö, I., 2007\]](#))

6.3.1 Sistema nervoso central

O sistema nervoso central (SNC) é responsável pelo processamento da intensidade e frequência dos sons. Recorrendo à comparação com anteriores experiências, este sistema inicia uma série de reacções que se designam de mecanismos de resposta. Desta forma, o tipo de resposta que será desencadeada dependerá da percepção individual da intensidade e significado dos sons [\[Rylander, R., 2004\]](#).

As vias auditivas do SNC incluem as vias directas que estabelecem ligações desde o ouvido interno ao córtex auditivo e as vias indirectas que estabelecem ligações com o sistema de activação reticular (que por sua vez estabelece comunicação com o sistema límbico e outras partes do cérebro), com o sistema nervoso autónomo e com o sistema neuroendócrino. Para além das referidas vias directas de e para o córtex cerebral, existe ainda um vasto leque de ligações indirectas do ouvido interno para centros cerebrais que controlam as respostas fisiológicas, emocionais e comportamentais do corpo humano [\[Rylander, R., 2004\]](#).

Do ponto de vista funcional, o ruído afecta o estado de alerta, o estado cognitivo e o desempenho motor. O eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA), enquanto parte do sistema

neuroendócrino, é responsável pela secreção de dopamina, adrenalina e noradrenalina, e pela secreção de corticosteróides, que estão relacionados com o desenvolvimento e controlo do *stress* [\[Rylander, R., 2004\]](#).

Perante uma exposição aguda ao ruído o corpo humano reage através de um mecanismo trifásico que compreende a resposta de orientação, a acção reflexa, e a reacção defensiva/evasiva.

A resposta de orientação visa uma preparação para posteriores reacções e consiste no posicionamento da cabeça no sentido de permitir direccionar os olhos e ouvidos para a fonte de ruído. A acção reflexa representa uma forma de protecção através das acções de piscar de olhos e de contracção dos músculos do ouvido médio e dos membros. A reacção defensiva/evasiva não é mais do que uma continuação das respostas anteriores e como o próprio nome indica envolve uma prontidão para lutar ou fugir da fonte de ruído.

Com estas acções o corpo humano desencadeia uma série de medidas de prontidão para um eventual esforço físico eminente, mediante um conjunto de respostas autónomas como a dilatação das pupilas, o incremento da tensão esqueleto-muscular acompanhado de uma respiração mais profunda, a ocorrência de vasoconstrição e consequente aumento da frequência cardíaca e pressão arterial, assim como o aumento da secreção de hormonas do *stress* [\[Rylander, R., 2004\]](#).

Perante este cenário, facilmente se compreende que exposições agudas ao ruído podem desencadear reacções de *stress* mediadas pelo SNC que resultam na alteração do estado de equilíbrio de várias funções fisiológicas do corpo humano.

A Figura 46 ilustra a contracção muscular após explosões sónicas semelhantes às geradas por um avião a jacto quando ultrapassa a barreira do som. É visível um decaimento na contracção muscular à medida que os estímulos se tornam mais frequentes, o que indicia a existência de uma adaptação à situação. No entanto, mesmo contabilizando este mecanismo de adaptação existirá sempre uma alteração do estado normal de tensão muscular.



Figura 46 – Contração muscular após explosões sónicas (adaptado de [\[Rylander, R., 2004\]](#))

Relativamente ao desempenho motor é pertinente constatar que para além da relação que existe com a complexidade da tarefa a executar, existe também uma relação com os níveis de ruído ambiente. As vias de afectação do desempenho motor incluem o efeito de mascaramento, a distração da tarefa em curso e eventuais distúrbios do sono. O efeito de mascaramento poderá afectar a actividade sempre que a mesma dependa da correcta percepção de informação mediada via comunicação verbal. O desempenho motor encontra-se também relacionado com distrações que possam ocorrer, na medida em que destas resulta um menor tempo de dedicação à tarefa em curso, e até mesmo com os distúrbios do sono, enquanto reflexo do estado de prontidão excessivo em que o corpo se coloca durante as perturbações sonoras que ocorrem durante o dia, dos quais resulta um cansaço cumulativo que pode comprometer a eficiência do operador [\[Rylander, R., 2004\]](#).

Na Figura 47 encontra-se ilustrado o efeito de distração numa tarefa, resultante da exposição a explosões sónicas de intensidade variável. Nesta figura constata-se que a duração da distração aumenta à medida que o estímulo ruidoso se torna mais intenso.

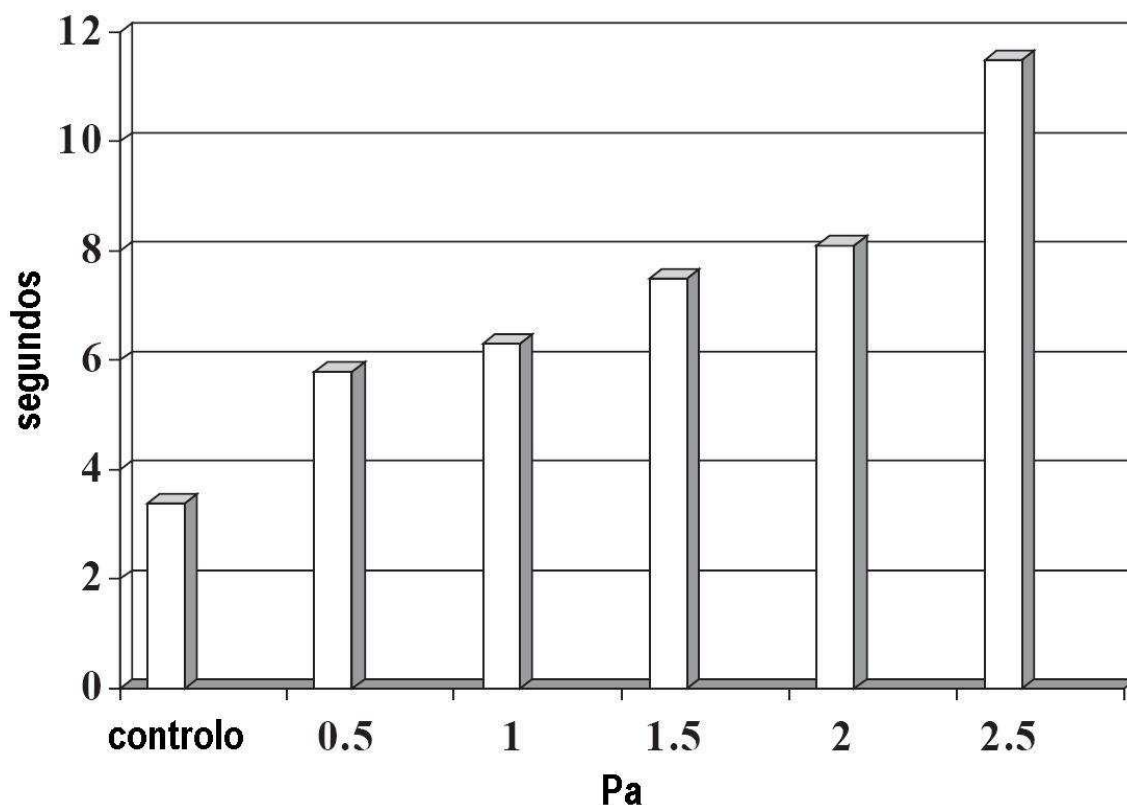


Figura 47 – Interrupções de tarefas visuais (adaptado de [\[Rylander, R., 2004\]](#))

O cenário de exposições agudas reveste-se de significativa importância no que diz respeito às complicações que as mesmas podem induzir no estado de saúde do sujeito exposto. No entanto, sempre que se esteja perante um cenário de continuidade de exposições das quais resultem os efeitos atrás mencionados, condição na qual a exposição se designa de crónica, a situação reveste-se de uma maior importância e preocupação, uma vez que desta poderá advir um estado de persistência de sintomas associados a um óbvio incremento do risco de complicações para com a saúde e bem-estar do indivíduo [\[Rylander, R., 2004\]](#).

Relativamente a cenários de exposições crónicas ao ruído existem evidências de comprometimento do desempenho cognitivo em tarefas exigentes, mediante o aumento do tempo de reacção, a diminuição da memória de retenção, uma influência no processo selectivo da memória e na escolha de estratégias no que diz respeito ao desempenho da tarefa em curso [\[Smith, A., 1999\]](#). O nosso desempenho cognitivo pode também ser debilitado pelas hormonas que são libertadas durante episódios de *stress*. Estas hormonas redireccionam o fluxo de glicose para os músculos, impedindo o adequado fornecimento desta fonte energética ao cérebro e mais concretamente ao hipocampo, o que resultará na diminuição da capacidade do cérebro de criar novas memórias. Acresce a tudo isto o facto de o cortisol, umas das hormonas que é libertada em

situações de *stress*, interferir com a função dos neurotransmissores comprometendo assim a acessibilidade à informação contida no cérebro. No entanto, em condições normais, ocorre um feedback de informação e o hipocampo informa o hipotálamo que é necessário cessar a produção de cortisol. Desta forma, a inacessibilidade à informação só prorrogará enquanto os níveis de cortisol não atingirem os seus valores normais [\[MacArthur, J., 2004\]](#).

O aumento de secreção de corticosteróides inerente ao estado de *stress* crónico induzido pelo ruído pode também afectar o sistema digestivo mediante a indução de fenómenos de hipermotilidade gástrica e intestinal, do qual poderão resultar episódios de diarreia ou prisão de ventre, e de aumento da produção de ácido gástrico do qual poderão resultar episódios de gastrites e úlceras [\[Castle, J., 2007\]](#).

6.3.2 Distúrbios na comunicação

Perante níveis de ruído demasiado elevados, a comunicação verbal é comprometida, potenciando assim um baixo rendimento de trabalho sempre que as actividades laborais em causa apresentem uma forte dependência desta via de comunicação. A longo prazo poderão também advir desta situação lesões e alterações do tracto vocal, inerentes ao esforço adicional que o sujeito realiza na tentativa de potenciar a comunicação [\[Berghlund, B., 1995\]](#).

6.3.3 Alterações Psicológicas

Exposições crónicas ao ruído podem ser sentidas como uma perturbação do dia-a-dia ou como algo que interfere com as actividades em curso. Este efeito é tipicamente designado por irritabilidade, termo este que se define como uma sensação de desagrado para com um dado agente ou condição, percebida ou entendida por um indivíduo ou grupo, como algo que lhes é prejudicial. Compreende uma avaliação subjectiva da condição individual e bem-estar do sujeito, que tem por base anteriores experiências de pós-exposição a ruído tais como perturbações do sono, momentos de descanso e de lazer, da capacidade de falar ao telefone, ver televisão ou efectuar uma qualquer actividade que possa requerer concentração e elevado desempenho [\[Rylander, R., 2004\]](#).

Para avaliar a possibilidade da irritabilidade se encontrar relacionada com o *stress* fisiológico, torna-se necessário considerar as reacções mediadas pelo SNC após repetidas

exposições ou exposições crónicas de ruído. De um ponto de vista fisiológico, repetidas exposições a ruído que causem efeitos nefastos em termos de reacções de *stress* fisiológico de pouca habituação, poderão dar origem a um estado onde os efeitos agudos do ruído, tais como o aumento da pressão arterial, se tornem permanentes [\[Rylander, R., 2004\]](#).

Paralelamente existe também a possibilidade destas exposições crónicas a ruído induzirem outras alterações comportamentais, nomeadamente estados de agressividade e de redução do comportamento de entreajuda [\[Berglund, B., 1995\]](#). Neste contexto torna-se igualmente importante considerar a reacção de derrota. Esta é caracterizada por um decaimento da função motora, uma sobrecarga do sistema vago⁶, uma diminuição da secreção de cortisol, adrenalina e hormonas e por um possível estado de depressão do sistema imunitário [\[Goldstein, D., 2000\]](#). A panóplia de consequências clínicas que advém desta situação, varia desde o aumento do risco de infecções a alterações do estado de humor, atitudes e comportamentos sociais (ansiedade, inquietação, desconfiança, insegurança, pessimismo). Nos seres humanos esta reacção é precedida por um estado de profunda tristeza, frustração e de derrota. É possível que esta reacção de derrota seja mediada por ruído ambiente, particularmente em situações nas quais seja impossível ao indivíduo alhear-se da exposição, como é por exemplo o caso de indivíduos que possuem habitações onde todas as fachadas se encontram expostas a ruído [\[Rylander, R., 2004\]](#).

6.3.4 Distúrbios no sono

Os distúrbios no sono constam da lista dos efeitos extra-auditivos inerentes à exposição ao ruído. Mesmo a dormir, o corpo continua a responder aos estímulos do ambiente, embora a sensibilidade do sujeito a este agente dependa de vários factores. Para além das características intrínsecas ao ruído (tipo, intensidade sonora, espectro, integração, diferença entre o ruído ambiente e a amplitude máximo do estímulo sonoro incomodativo) existem também aquelas inerentes ao sujeito como a idade, o género, as características da personalidade e a sensibilidade ao ruído [\[Muzet, A., 2007\]](#).

⁶ Sistema constituído pelo nervo vago. Este trata-se de nervo misto, sensório-motor e parassimpático, que pertence ao X par de nervos cranianos. Inerva a faringe, o véu palatino, a laringe, a traqueia, os brônquios, os pulmões, o coração e os grandes vasos, o esófago e o estômago [\[MP, 2008\]^a](#).

Os distúrbios no sono podem ser quantificados pelo número e duração de despertares nocturnos e pelo número de alterações nas fases do sono. Os ritmos próprios de cada fase, ou seja, os estados SWS (*Slow Wave Sleep*) da fase 3 e 4, e os estados REM (*Rapid Eye Movement*) da fase 1 e 2, conjuntamente com as alterações das funções autónomas, são também utilizados para caracterizar as perturbações do sono [Muzet, A., 2007].

Na Figura 48 encontram-se ilustrados dois cenários relativos às fases do sono. O primeiro corresponde a uma noite de sono sem perturbações e o segundo correspondente a uma situação de distúrbios no sono decorrentes de perturbações mediadas pelo ruído.

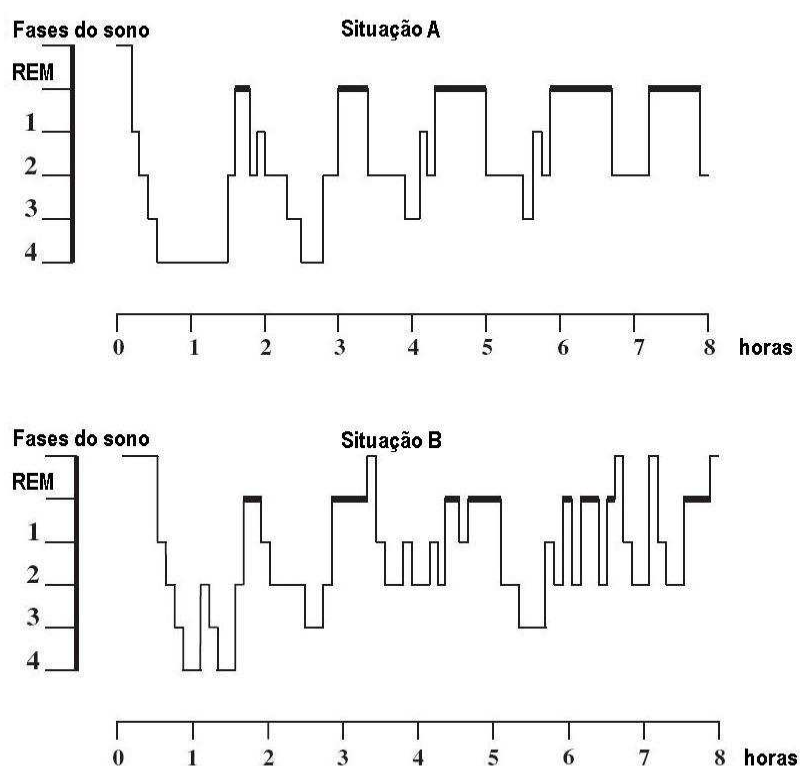


Figura 48 – Hipnograma de um jovem adulto (adaptado de [Muzet, A., 2007])

Situação A: corresponde a um sono não perturbado por ruído. O adormecer ocorre 10 minutos após desligar as luzes (t_0). Sono tem início com fases não-REM e o primeiro episódio REM ocorre sensivelmente 90 minutos após t_0 . As fases SWS ocorrem principalmente nas primeiras 3 horas de sono. Os episódios REM ocorrem a intervalos regulares. Não se registaram despertares durante a noite.

Situação B: corresponde a um sono perturbado por ruído. O adormecer requer um pouco mais de tempo e o primeiro episódio da fase 4 é parcialmente interrompido. Uma parcela significativa de SWS ocorre durante a quinta hora, possivelmente como um mecanismo compensatório da perturbação do primeiro episódio. O sono REM ainda ocorre de acordo com um certo padrão embora os episódios se encontrem fragmentados. Ocorrem despertares nocturnos ao longo da noite, o que resulta numa eficiência de sono reduzida.

Embora os despertares nocturnos sejam passíveis de ocorrer com níveis de ruído iguais ou superiores a 55 dB(A), as perturbações da sequência normal do sono podem ocorrer com níveis de ruído entre os 45 dB(A) a 55 dB(A). No entanto, certas alterações das funções autónomas, como a vasoconstrição e alterações da frequência cardíaca, podem surgir com níveis de ruído muito inferiores. As respostas autónomas mencionadas são o reflexo da resposta do corpo adormecido aos estímulos externos e deverá ser tido em conta os efeitos a longo prazo das mesmas [\[Muzet, A., 2007\]](#).

6.3.5 Distúrbios Vestibulares

De acordo com literatura mais antiga, principalmente europeia, existem relatos de casos de distúrbios vestibulares associadas a exposição ao ruído. São reportados variados sintomas nomeadamente desordens de equilíbrio, tonturas, vertigens, vômitos, suores frios e mesmo casos de nistagmo⁷ espontâneo em trabalhadores cronicamente expostos a diversos tipos de ruído ocupacional e a ruído de armas de tiro [\[Golz, A., 2007\]](#). Aparentemente existe uma maior incidência de sintomas da doença de Meniere⁸ em indivíduos expostos a ruído de elevada intensidade, possivelmente devido à destruição directa do tecido neuroepitelial e às alterações metabólicas do vestíbulo [\[Medifocus, 2008\]](#).

Recentemente, constatou-se que a existência destes sintomas só se verifica caso o indivíduo apresente uma perda auditiva assimétrica induzida pelo ruído. Em pessoas com audição normal ou com perda auditiva simétrica, os sistemas vestibulares de ambos os ouvidos enviam o mesmo padrão de impulsos nervosos para o cérebro. Sempre que exista um diferente padrão neural por parte de um dos sistemas vestibulares, o cérebro irá interpretar essa diferença como um desequilíbrio do qual resultam os mencionados sintomas. Exposições das quais possam resultar esta patologia, mesmo que temporária, poderão a longo prazo induzir efeitos permanentes, mediante as referidas alterações no sistema vestibular.

⁷ Nistagmo é um movimento fisionómico natural que consiste no movimento do globo ocular simultâneo à rotação da cabeça, de forma a permitir o reajuste e focagem de um novo alvo da visão. Torna-se patológico caso ocorra sem rotação da cabeça, estando normalmente associada a lesões do aparelho vestibular ou de vias neurológicas [\[MP, 2008\]](#).

⁸ Sintomas incluem tonturas, náuseas, vômitos, desequilíbrios, cefaleias, tinnitus, desconforto abdominal e perda auditiva [\[Medifocus, 2008\]](#).

Exposições a níveis de ruído elevados podem também resultar em perturbações do foro ocular, nomeadamente dilatação da pupila, fadiga visual por recorrente necessidade de reajuste de focagem, diminuição da discriminação de cores, da visão na obscuridade e da noção de relevo dos objectos [\[Guggal, K., 2007\]](#).

6.3.6 Infra-som e som de baixa frequência

O ruído composto por infra-som (0 a 20 Hz) e baixas frequências (20 a 500 Hz), que será daqui em diante designado por ILFN (*Infrasound and Low Frequency Noise*), constitui um agente de doença que no passado tem sido frequentemente menosprezado. No entanto, é já visível um esforço crescente no sentido de alterar esta tendência por parte de vários pesquisadores, de entre os quais se destaca a equipa do Dr. Castelo Branco, que nos últimos 28 anos tem efectuado investigações sobre a doença vibroacústica (VAD – *VibroAcoustic Disease*), uma patologia sistémica de corpo inteiro que se desenvolve em indivíduos excessivamente expostos a este tipo de ruído [\[Branco, N., 2007\]](#).

Os principais obstáculos à aquiescência desta patologia no seio da comunidade científica residem nos dogmas defendidos pela ciência em geral e pela biologia em particular, segundo os quais a poluição sonora só origina perda auditiva e a sinalização celular⁹ só ocorre mediante processos bioquímicos [\[Branco, N., 2007\]](#).

As noções de que “o que o ser humano não ouve não o pode prejudicar” e de que “se utilizados correctamente os protectores auditivos garantem a isenção que todo e qualquer efeito extra-auditivo do ruído”, mesmo não sendo apoiadas por qualquer evidência científica, ainda perpetuam nos dias de hoje. De certa forma, o próprio uso, apoiado pela legislação em vigor, de uma escala acústica baseada somente no que o ser humano percebe via sistema auditivo – a escala dB(A) –, fomenta as referidas noções. Conforme referido na Secção 3.5, o uso desta escala deve ser bastante ponderado, uma vez que a mesma menospreza todos os valores de energia acústica abaixo dos 500 Hz, sendo no entanto justificável em estudos científicos relacionados com os efeitos do ruído no próprio ou via sistema auditivo humano [\[Branco, N., 2007\]](#).

⁹ Faz parte de um complexo sistema de comunicação que regula a actividade e função celular, conferindo às células uma adequada capacidade de resposta aos estímulos do meio ambiente [\[Kimball, J., 2004\]](#)

A título de exemplo apresenta-se na Figura 49 a distribuição espectral em bandas de frequência de 1/3 de oitava, sem recorrer a qualquer tipo de malha de ponderação, ou seja, em dB lineares, do cockpit de um avião civil de passageiros de longo alcance (Airbus-340) e de um comboio intercity de Lisboa. Através desta figura é possível estabelecer uma comparação da energia acústica audível e da energia acústica total entre estes dois meios de transporte. Nesta situação o passageiro teria a noção de um mesmo nível audível em ambos casos quando na realidade existe uma diferença de 12 dB entre o avião e o comboio, sendo este último mais predominante no que diz respeito a ILFN [\[Branco, N., 2007\]](#).

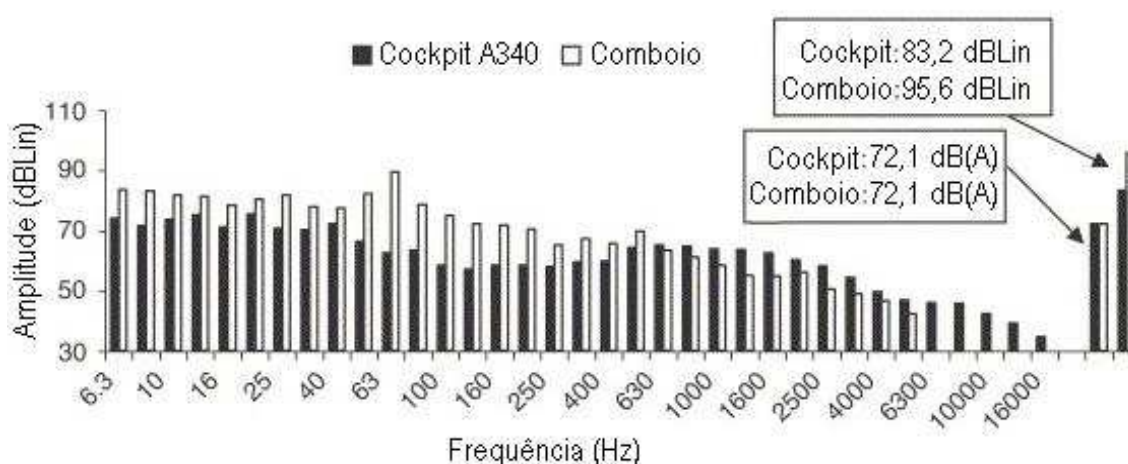


Figura 49 – Distribuição espectral, em 1/3 oitava e sem malha de ponderação (dB Lin), do cockpit de um Airbus 340 em pleno voo, e de um comboio em Lisboa em andamento (adaptado de [\[Branco, N., 2007\]](#))

Desta forma, sendo a VAD uma patologia que tem especificamente como causa a exposição excessiva a ILFN, e que pode afectar vários órgãos e tecidos dependendo das propriedades de ressonância e impedância acústica da componente biológica em causa, compreende-se a necessidade de uma caracterização de ambientes acústicos via medições em bandas de frequência de 1/3 de oitava e em modo linear [\[Branco, N., 2007\]](#).

Tendo exposto o primeiro dos obstáculos à aceitação desta patologia no seio da comunidade científica, resta agora explicitar o princípio da mecanotransdução enquanto mecanismo de sinalização celular, isto é, enquanto mecanismo celular através do qual as células processam sinais mecânicos [\[Branco, N., 2007\]](#).

Regra geral, quando surge um novo modelo na biologia molecular que explica um largo número de eventos biológicos, este modelo é adoptado e o anterior, de menor aplicabilidade, é

descartado. Embora este procedimento aparente ser o mais lógico a adoptar, por vezes a inércia à mudança, característica tão própria do ser humano, acaba por constituir um impedimento ao mesmo [\[Branco, N., 2007\]](#).

O modelo biológico convencional da célula assume que a mesma é constituída por um córtex elástico que envolve um citoplasma viscoso com um núcleo elástico no seu centro. Este modelo tem sido capaz de explicar vários comportamentos celulares mas não contabiliza as distintas contribuições funcionais da rede do citoesqueleto. Nos últimos 30 anos, o *Ingber Laboratory* da Universidade Médica de Harvard tem demonstrado que este modelo celular “balão” é inadequado, e como alternativa propôs um modelo celular baseado no princípio da tensigridade arquitectónica que tem sido bem-sucedido na explicação de vários comportamentos celulares tanto em actividade metabólica normal como em casos de doença. Este novo modelo celular representa um passo crucial na compreensão do tipo de patologia desenvolvida em organismos biológicos expostos a ILFN, uma vez que somente recorrendo ao conceito de tensigridade se consegue explicar adequadamente a transdução de sinais mecânicos através de células e tecidos celulares. Presentemente ainda se considera que a regulação celular e do tecido celular é somente mediada por conformações moleculares, interacções intermoleculares e pelas cascatas de transdução linear de sinais. No entanto, esta abordagem tem vindo a demonstrar-se reducente por negligenciar a importante contribuição da mecanotransdução enquanto mecanismo de sinalização celular [\[Branco, N., 2007\]](#).

Tendo já explicado de forma sucinta as principais alterações ao modelo celular, julga-se pertinente aprofundar este novo conceito de sinalização celular permitindo assim uma melhor compreensão dos mecanismos por detrás da VAD. O princípio da tensigridade surgiu com a ciência arquitectónica. Este representa uma forma de estabilização estrutural que minimiza o peso recorrendo a compressões-descontínuas e a tensões-contínuas, em oposição a uma estabilização estrutural do género compressão-contínua. Para visualizar a diferença entre estes dois tipos de estabilização estrutural, imagine uma construção do género tijolo-sobre-tijolo (compressão-contínua) e uma construção do género elástico-sólido de uma cúpula geodésica, onde o material sólido constitui o elemento de compressão-descontínua, e o material elástico o elemento de tensão-contínua. Os pontos de âncora ou nódulos representam pontos cruciais das estruturas de tensigridade, uma vez que estes possibilitam a transdução das forças mecânicas através dos elementos de compressão e de tensão que constituem a estrutura. Este tipo de estabilização estrutural permite lidar com perturbações externas aplicadas sobre qualquer ponto, mediante uma

redistribuição organizada das forças de tensão por toda a estrutura, permitindo assim manter a integridade estrutural [\[Branco, N., 2007\]](#).

Nas Figura 50 e Figura 51 encontram-se exemplos do conceito de tensigridade aplicado a construções, de forma a facilitar a percepção da mecânica por detrás deste conceito.

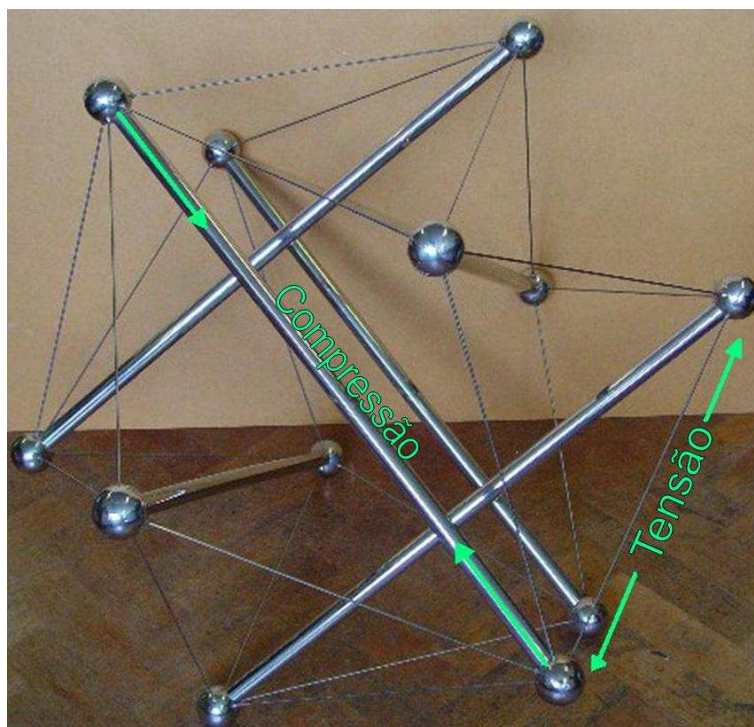


Figura 50 – Exemplo dodecaédrico de tensigridade arquitectónica (adaptado de [\[Ramar, P., 2008\]](#))

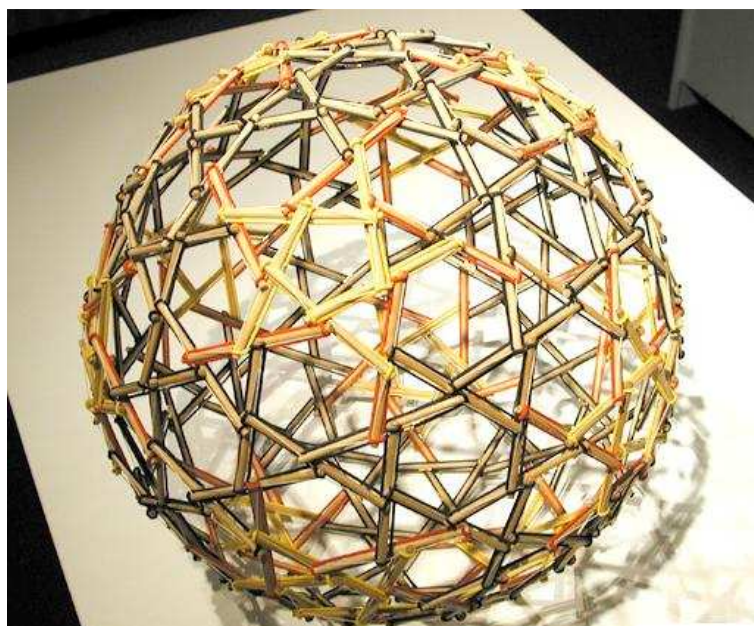


Figura 51 – Exemplo esférico de tensigridade arquitectónica (adaptado de [\[Leftwich, J., 2000\]](#))

O citoesqueleto celular é constituído por redes isoméricas de microtúbulos, túbulos intermediários, filamentos intermediários e por actina. Esta estrutura celular recebe sinais de outras células através de junções célula-célula e sinais da matriz extracelular através de junções matriz-célula. No citoesqueleto os microfilamentos representam o elemento tensão-contínua, mediante a formação de uma mescla de finos cabos, e os microtúbulos representam o elemento compressão-descontínua, encontrando-se ancorados à matriz extracelular, em locais designados por adesões locais, através de proteínas transmembranares designadas por integrais. Forças mecânicas aplicadas directamente nestes receptores integrais de superfície constituem uma acção de *stress* celular da qual resulta uma alteração genética e bioquímica da célula. Estas ligações integrais possibilitam a transdução mecano-química de sinais que permitem alterações na forma e função da célula [\[Branco, N., 2007\]](#).

Na Figura 52 são visíveis alguns dos constituintes celulares, nomeadamente o núcleo, a azul, e os constituintes do citoesqueleto celular – a vermelho os filamentos e microfilamentos (actina) e a verde os túbulos e microtúbulos – [\[GCI, 2004\]](#).

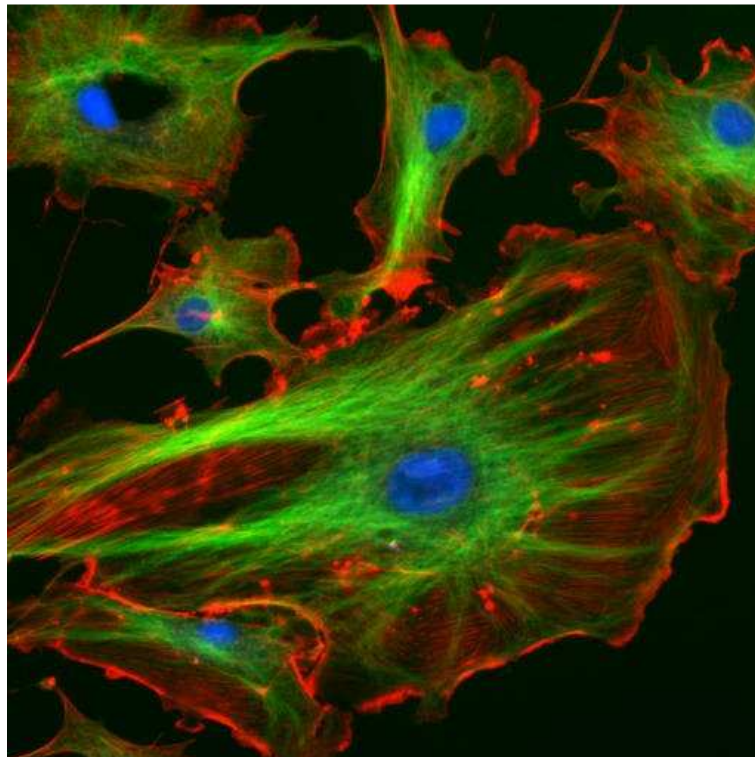


Figura 52 – Citoesqueleto celular (adaptado de [\[GCI, 2004\]](#))

Legenda: Azul – núcleo; Vermelho – filamentos e microfilamentos; Verde – túbulos e microtúbulos

A VAD é uma patologia sistémica caracterizada por um crescimento anómalo de matrizes extracelulares (colagénio e elastina) na ausência de processo inflamatório. Esta doença foi diagnosticada a técnicos de aeronáutica, pilotos e hospedeiras de bordo, bem com a uma população de uma ilha exposta a ILFN ambiental. Recorrendo ao primeiro grupo mencionado, isto é, aos 140 técnicos aeronáuticos, foi possível definir os três estágios desta patologia. Importa referir que o grupo mencionado foi alvo dos critérios de exclusão que constam da Tabela 8, e que estes elementos desempenharam as suas funções por um período superior a 10 anos durante o qual foram clinicamente acompanhados [\[Branco, N., 2007\]](#).

Tabela 8 – Condições de exclusão [\[Branco, N., 2007\]](#)

Condição	Comentários
Infecções por estreptococos	Devido à propensão de indução de alterações à matriz extracelular.
Diabetes mellitus	Devido à propensão de indução de alterações à matriz extracelular.
Doença cardiovascular pré-existente	Exceptuando a hipertensão variável que constitui uma medida de susceptibilidade individual e cujas lesões são distintas de um estado de hipertensão bem definido.
Abuso de tabaco	Mais de 20 cigarros por dia.
Abuso de álcool	Mais de 1 litro de vinho por dia (10 a 12% de conteúdo alcoólico).
Uso de drogas	Drogas psicotrópicas ou recreativas.

Os três estádios da VAD, que se constaram ao longo de um período superior a 10 anos de exposição a ILFN, foram classificados como “Leve”, “Moderado” e “Severo”, para os períodos de 1 a 4 anos, 4 a 10 anos, e de mais de 10 anos de exposição respectivamente. Na Tabela 9 descrevem-se os sinais e sintomas especificamente desenvolvidos pelos técnicos aeronáuticos no decurso da sua actividade laboral [\[Branco, N., 2007\]](#).

Tabela 9 – Dados do grupo de 140 técnicos aeronáuticos [\[Branco, N., 2007\]](#)

Estágio clínico	Sinais/sintomas
Estágio I – Leve (1 a 4 anos)	Ligeira mudança de humor, indigestão e azia, infecções da orofaringe (boca e garganta), bronquite.
Estágio II – Severo (4 a 10 anos)	Dor no peito, mudança de humor definida, dores lombares, fadiga, infecções cutâneas parasitárias, fúngicas e virais, inflamação do revestimento estomacal, dor e sangue ao urinar, conjuntivites, alergias.
Estágio III – Severo (>10 anos)	Distúrbios psiquiátricos, hemorragias da mucosa conjuntiva, e dos epitélios digestivo e nasal, hemorróidas e varicose, úlceras duodenais, cólon irritável, decréscimo da acuidade visual, dor de cabeça, fortes dores nas articulações, dores musculares intensas, alterações neurológicas.

NOTA: o tempo de exposição mencionado representa o tempo necessário para que 50% da população da amostra (70 indivíduos) revele os mencionados sinais ou sintomas.

Para além dos sintomas descritos na tabela anterior foram também identificadas outras importantes patologias associadas à VAD entre os 140 técnicos aeronáuticos examinados. Estas patologias não constam da tabela anterior uma vez que a sua taxa de identificação é inferior a 50% da população total da amostra [\[Branco, N., 2007\]](#).

Em 24 dos 140 técnicos foi diagnosticado um qualquer tipo de insuficiência respiratória, sendo pertinente referir que destes 24 apenas 11 eram fumadores [\[Branco, N., 2007\]](#).

Em 22 dos 140 técnicos foi diagnosticada epilepsia tardia, sendo comum em alguns destes casos a diminuição de ocorrência de ataques no período não-laboral. Foi detectada em 2 indivíduos epilepsia reflexa mediada por estímulo vibratório e visual. Estímulos auditivos não desencadearam qualquer ataque epiléptico mas em alguns casos verificaram-se episódios de fúria súbita e descoordenação nos movimentos. Importa ainda referir que a percentagem de epilepsia na população portuguesa é de 0,2% enquanto os valores averiguados para a amostra de técnicos aeronáuticos apontam para uma percentagem de epilepsia de 10% [\[Branco, N., 2007\]](#).

Em 80 dos 140 técnicos foram diagnosticadas perturbações de equilíbrio que variavam desde ligeiras tonturas a vertigens graves [\[Branco, N., 2007\]](#).

Em 11 dos 140 técnicos verificaram-se episódios únicos e súbitos de défice neurológico não-convulsivo. Estes episódios foram diagnosticados como o resultado de acidentes vasculares

cerebrais isquémicos, diagnostico este corroborado por estudos imagiológicos. Os electroencefalogramas (EEG) e potenciais evocados multimodais revelam alterações consideráveis concordantes com os dados obtidos em psicologia clínica e neurologia. Os atrasos nos potenciais evocados multimodais (incluindo os endógenos), observados nos 140 pacientes, são um sinal de deterioração neurológica progressiva e de processo de envelhecimento precoce, tais como o aparecimento de reflexos palmo-mentonianos¹⁰ presentes em 40% destes técnicos [\[Branco, N., 2007\]](#).

Em 18 dos 140 técnicos identificaram-se desordens endócrinas sendo a disfunção da tiróide a mais comum. Na população portuguesa a incidência de disfunção da tiróide é de 0,97% enquanto neste grupo a taxa sobe para os 12,8% [\[Branco, N., 2007\]](#).

Em 16 dos 140 técnicos foram detectados casos de diabetes, o que corresponde a uma taxa de 11,4%, valor este bastante superior à da taxa de diabetes de 4,65 % encontrada na população portuguesa na mesma faixa etária [\[Branco, N., 2007\]](#).

Em 28 dos 140 técnicos foram detectados tumores malignos. Detectaram-se tumores no SNC (N=5), no tracto respiratório (N=6), no estômago (N=10), no cólon e recto (N=9), nos tecidos moles (N=1) e na bexiga (N=1). Estes dados deram origem à investigação da genotoxicidade do ILFN. Tanto em humanos como em animais, o ILFN induziu um aumento da frequência da troca de cromátídeos irmãos, demonstrando efectivamente que o ILFN é um agente genotóxico [\[Branco, N., 2007\]](#).

Foram também diagnosticadas doenças auto-imunes em indivíduos expostos a ILFN. Através de análises de microscopia electrónica de fragmentos de pericárdio de doentes com VAD constatou-se morte celular não-apoptótica. A causa desta morte não programada aparenta residir em forças biomecânicas que desencadeiam o rebentamento celular, provocando a extrusão dos organelos celulares ainda vivos para a matriz extracelular. Nestas circunstâncias não é de estranhar o aparecimento de doenças auto-imunes como a lúpus eritematosa disseminada e o vitiligo [\[Branco, N., 2007\]](#).

¹⁰ Constitui um reflexo primitivo involuntário normalmente presente na infância com tendência a desaparecer com a maturação do cérebro. Pode no entanto reaparecer devido a processos que interrompam o normal funcionamento das vias inibidoras corticais. Se ao estimular a eminência tenar (músculo abaixo do polegar) começando no limiar do pulso e subindo até à base do polegar, o indivíduo contrair o mentoniano (músculo que controla o movimento do lábio inferior e o enrugar do queixo), diz-se que demonstra um reflexo palmo-mentoniano [\[ATN, 2008\]](#)

Tendo exposto os diferentes sinais e sintomas da VAD bem como algumas das patologias encontradas entre pessoas que desenvolvem esta patologia, resta ainda explicitar de que forma o conceito de biotensigridade ajuda a esclarecer os mecanismos por detrás da VAD.

Quando um sólido vibra, a sua integridade estrutural pode ser comprometida. O reforço estrutural constitui uma medida de engenharia que se aplica como precaução sempre que se suspeite de um ambiente rico em componentes vibracionais. O impacto de ILFN aéreo no tecido biológico (viscoelástico) desencadeia um movimento vibratório das camadas celulares do qual resultam as já mencionadas alterações genéticas e químicas, no decurso das quais o nosso organismo reage mediante a produção das proteínas colagénio e elastina. A elastina confere resistência elástica e o colagénio confere resistência mecânica ao tecido celular, e por esta razão é frequentemente considerado o “aço” do corpo humano. O incremento da produção destas proteínas na presença de ILFN pode ser interpretado como a tentativa do corpo humano de reforçar a integridade estrutural biológica perante forças mecânicas anormalmente elevadas. Deste fenómeno resulta o espessamento das paredes celulares que pode ser observado em estruturas cardiovasculares, traqueia, pulmões e rins de pessoas expostas a ILFN [\[Branco, N., 2007\]](#).

Acresce a tudo isto o facto das estruturas compostas por actina, como os estereocílios da cóclea e as microvilosidades existentes no aparelho respiratório e trato gastrointestinal, serem alvos preferenciais do ILFN. A contínua exposição a este tipo de ruído pode resultar em fenómenos de compactação, de fusão ou até mesmo de destruição completa das referidas células. É comum em pacientes com VAD, a queixa de que “ouvem demasiado”. Este facto pode dever-se à fusão dos estereocílios da cóclea entre eles mesmos e com a membrana tectorial, processo este que confere a estas células uma rigidez anormal, que poderá resultar em desconforto sempre que ocorra a estimulação vibratória dos estereocílios [\[Branco, N., 2007\]](#).

No que diz respeito ao diagnóstico da VAD, o mesmo é possível mediante testes clínicos comuns como o electrocardiograma (ECG), a EEG e típicas análises químicas ao sangue, em estágios avançados e irreversíveis da doença. Um diagnóstico precoce só é viável se forem averiguadas alterações estruturais mediante exames como o ecocardiograma, a ressonância magnética e a broncoscopia, sendo este último o único procedimento legalmente aceite como forma de diagnóstico [\[Branco, N., 2007\]](#).

7 Procedimento Experimental

As discotecas são, de um modo geral, frequentadas por uma população jovem que pretende desfrutar de momentos de prazer e convívio. No entanto, são também o local de trabalho de empregados de bar, seguranças, técnicos de luz e som, e DJ, que devido à sua profissão são constante e prolongadamente expostos a níveis de pressão sonora excessivos.

Com este estudo tenciona-se averiguar os efeitos do ruído no corpo humano simulando o ambiente de discoteca mediante uma exposição sonora controlada sobre um grupo de pessoas, com isenção de condicionantes extrínsecas como sejam a luz, o tabaco, o álcool e outras drogas, de forma a tentar estabelecer uma relação de causa-efeito entre o ruído e a saúde.

7.1 Selecção da Amostra Populacional

A escolha de uma amostra populacional apropriada para um estudo desta natureza constitui um processo difícil e bastante importante, uma vez que a dimensão e qualidade da mesma ditarão a fiabilidade dos resultados obtidos. Desta forma, a procura de um adequado grupo de pessoas marca o início deste estudo. Foi efectuado um inquérito inicial com o objectivo de agilizar o processo de selecção, inquérito este que para além de averiguar o nome, sexo e idade, contempla também questões relativas à actividade profissional, exposição a ruído não-ocupacional, consumo de drogas, contacto com substâncias ototóxicas e questões do foro clínico do próprio e da sua família (ver Anexo C). Desta selecção criteriosa, resultou uma amostra total de 33 indivíduos com idades compreendidas entre os 24 e os 41 anos.

Esta amostra está segmentada em 3 grupos distintos. O primeiro grupo ($n=11$) é composto por indivíduos na faixa etária dos 24 aos 30 anos sem antecedentes patológicos no que se refere aos efeitos expectáveis de exposições a níveis de pressão sonora elevados. Esta fracção serve o propósito de grupo de controlo e não foi alvo de exposição sonora. O segundo grupo ($n=11$) é composto por indivíduos na faixa etária dos 24 aos 30 anos e é em tudo idêntico ao primeiro, com a única excepção de ser alvo de uma exposição sonora em ambiente controlado. O terceiro grupo ($n=11$) é composto por indivíduos na faixa etária dos 24 aos 41 anos e todos os seus elementos são DJ com experiência mínima de 5 anos no mundo artístico e musical. Dada a actividade profissional deste grupo julgou-se pertinente e oportuna a realização de um inquérito com o objectivo de

averiguar potenciais sinais/sintomas derivados desta convivência prolongada com ambientes ricos em ILFN (ver Anexo E).

É ainda pertinente referir que todos os participantes deste estudo receberam informação sobre as condições de realização, riscos e benefícios inerentes ao mesmo, após a qual acordaram em conceder o seu consentimento escrito. Os termos de consentimento podem ser consultados no Anexos A e B.

7.2 Caracterização do Ruído de Discoteca

Simultaneamente a este processo de selecção da amostra, foram efectuadas e registadas medições dos níveis de pressão sonora numa discoteca, de forma a caracterizar em amplitude e frequência o ruído típico destes locais. Estas medições decorreram em quatro dias não consecutivos, tidos como os de maior afluência à discoteca em questão, utilizando um sonómetro integrador digital – *Brüel & Kjaer Investigator 2260* – (ver Figura 53) com classe de precisão 1 de acordo com a CEI 804, e com microfone de banda larga de alta sensibilidade ($\pm 0,5$ dB). Importa ainda referir que o sonómetro se encontra homologado pelo IPQ, que foi sujeito a verificação metrológica pelo ISQ, e que antes e após cada medição foi efectuada a respectiva calibração.



Figura 53 – Sonómetro *Brüel & Kjaer Investigator 2260*

De acordo com a ISO 140-3 de 1995 – *Acoustics: measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements* – as medições com vista à caracterização das fontes sonoras em recinto fechado devem obedecer a determinados princípios. De forma a obter o nível de pressão sonora médio resultante de várias fontes sonoras a operar simultaneamente, devem realizar-se no mínimo 5 posições de medição espaçadas uniformemente pela área em causa.

De forma a obter o nível de pressão sonora médio resultante da combinação das várias fontes sonoras existentes no recinto, efectuaram-se medições numa só posição dentro da discoteca, sendo várias as razões por detrás desta limitação, nomeadamente o tipo de utilização da área em causa, uma vez que se trata de um local cuja lotação se encontra praticamente sempre próxima do limite, sendo portanto impraticável a colocação do sonómetro em zonas ditas úteis (ex. pista de dança), e a própria limitação de espaço em zonas de trabalho como os bares e local de trabalho do DJ, que torna inviável a obtenção simultânea de condições adequadas para efectuar a medição e de condições adequadas de trabalho para os utilizadores dessas mesmas zonas.

Tratando-se de um local com um piso térreo e um 1º andar, optou-se por efectuar as medições numa só posição, tida como a única possível dadas as condicionantes já mencionadas.

Este ponto encontra-se no 1º andar a uma altura de 3,95 metros do piso térreo. Existem duas fontes sonoras a 2,4 e 2,8 metros, quatro fontes sonoras a 9,8 e 9,9 metros do sonómetro, e outras duas fontes sonoras a 7,8 e 7,9 metros. Seis destas colunas áudio, com cerca de 25x25x80 cm e 300 W cada, estão sensivelmente à mesma altura que o sonómetro e encontram-se direccionadas para a pista de dança localizada no piso térreo. As restantes duas fontes sonoras deste piso correspondem a colunas *subwoofer*, com cerca de 100x100x100 cm e 1200 W cada, e estão destinadas à produção de graves. No 1º andar contabilizam-se quatro colunas áudio com cerca de 15x15x24 cm e 80 W cada, que dadas as suas características representam uma contribuição sonora bastante menos significativa. Importa ainda referir que este piso apresenta uma menor área disponível, que se encontra reservado a fumadores e que a sua ocupação total é inferior à do piso térreo.

O ponto seleccionado para as medições afigura-se então como adequado à caracterização do nível médio de pressão sonora a que se encontram expostos clientes e trabalhadores. Não se apresentam fotografias do local em questão devido ao acordo de sigilo estabelecido através do qual foi definida permissão para efectuar as mencionadas medições.

Na Figura 55 apresenta-se a planta das instalações dividida por dois pisos e na Figura 56 o ponto seleccionado para as medições, situado no 1º andar numa zona destinada ao armazenamento de consumíveis, assim como as várias fontes sonoras existentes em ambos os pisos. Na Figura 57 é ainda possível observar em pormenor as distâncias do sonómetro às fontes sonoras identificadas. Estas medições de distância foram obtidas através do medidor laser *Leica Disto Basic* visível na Figura 54.



Figura 54 – *Leica Disto Basic* (medidor laser)

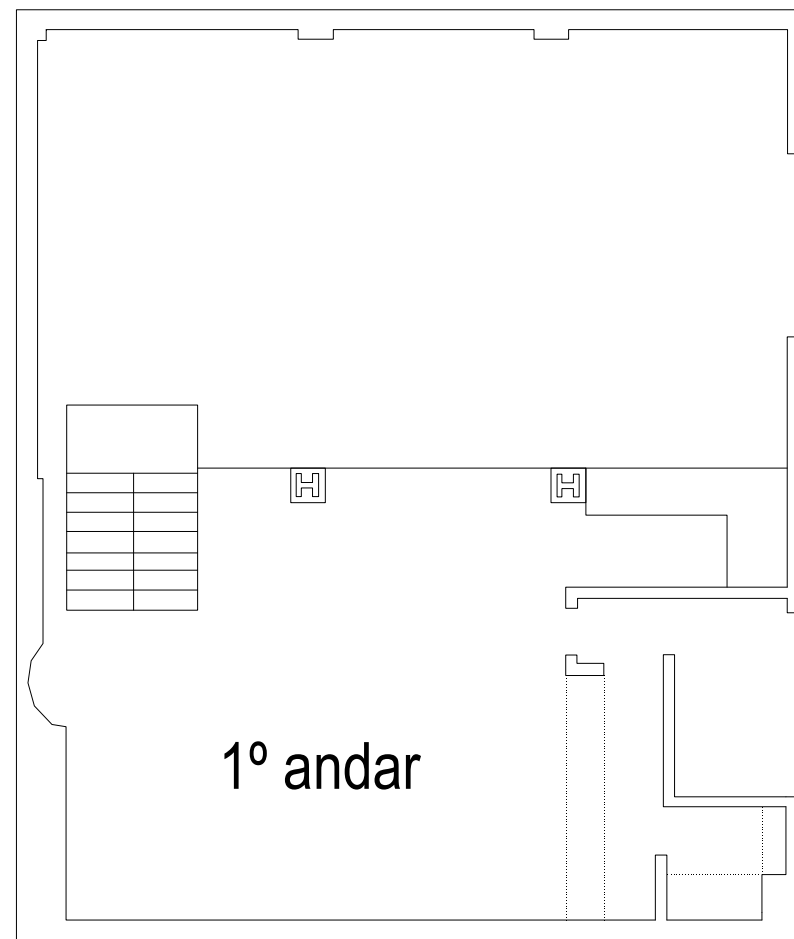


Figura 55 – Planta das instalações da discoteca

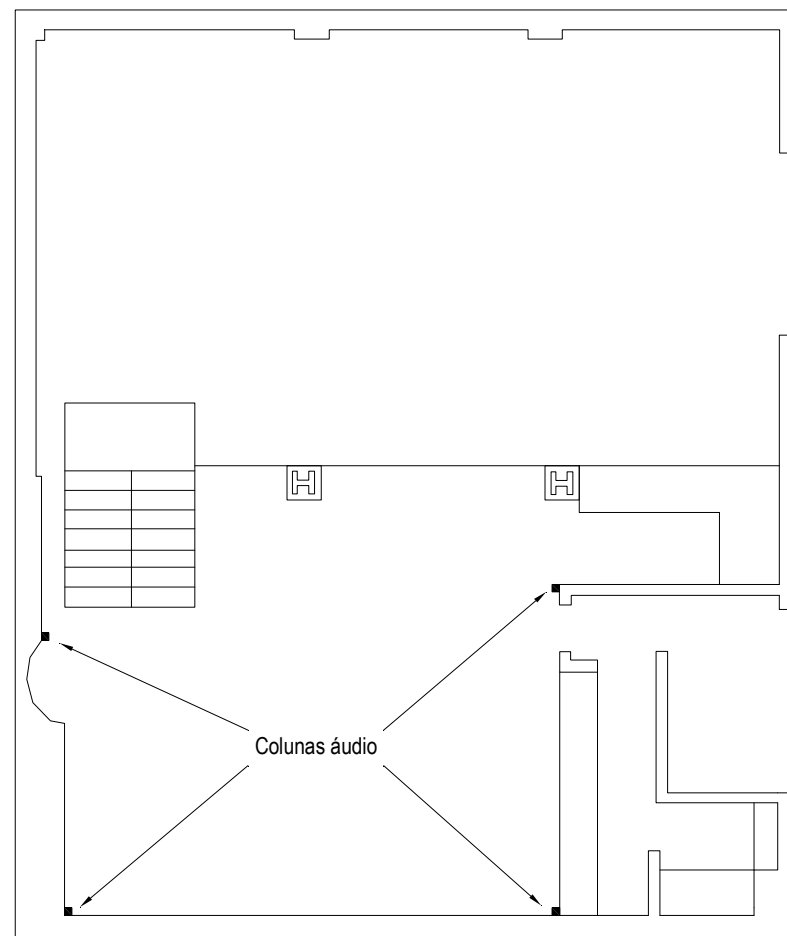
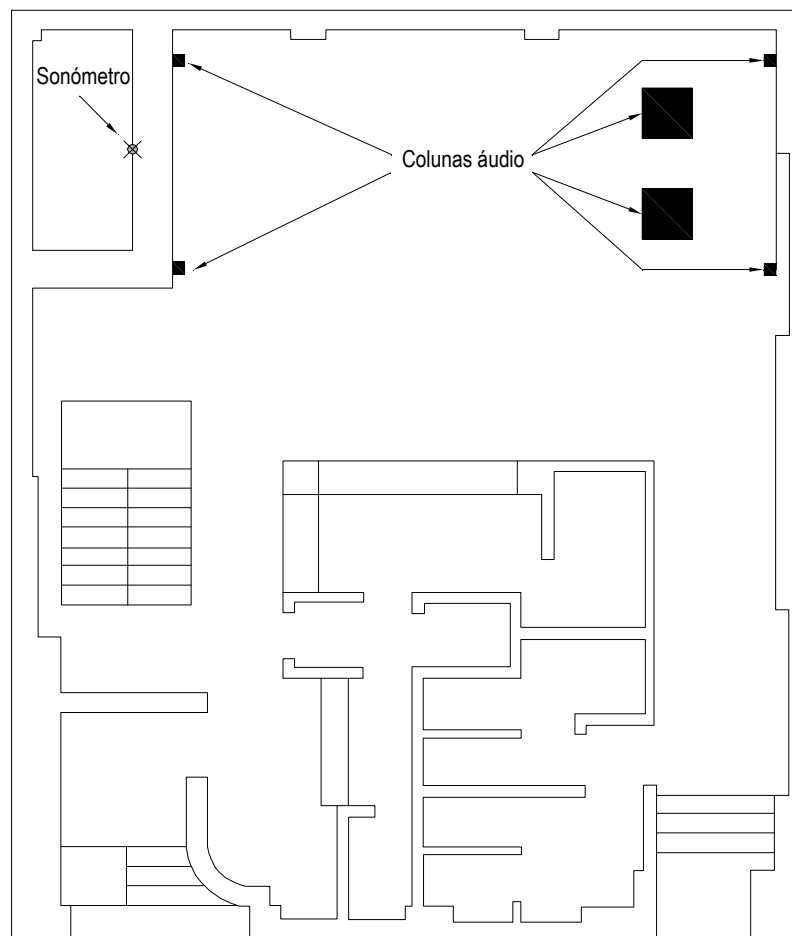


Figura 56 – Localização do sonómetro e fontes sonoras

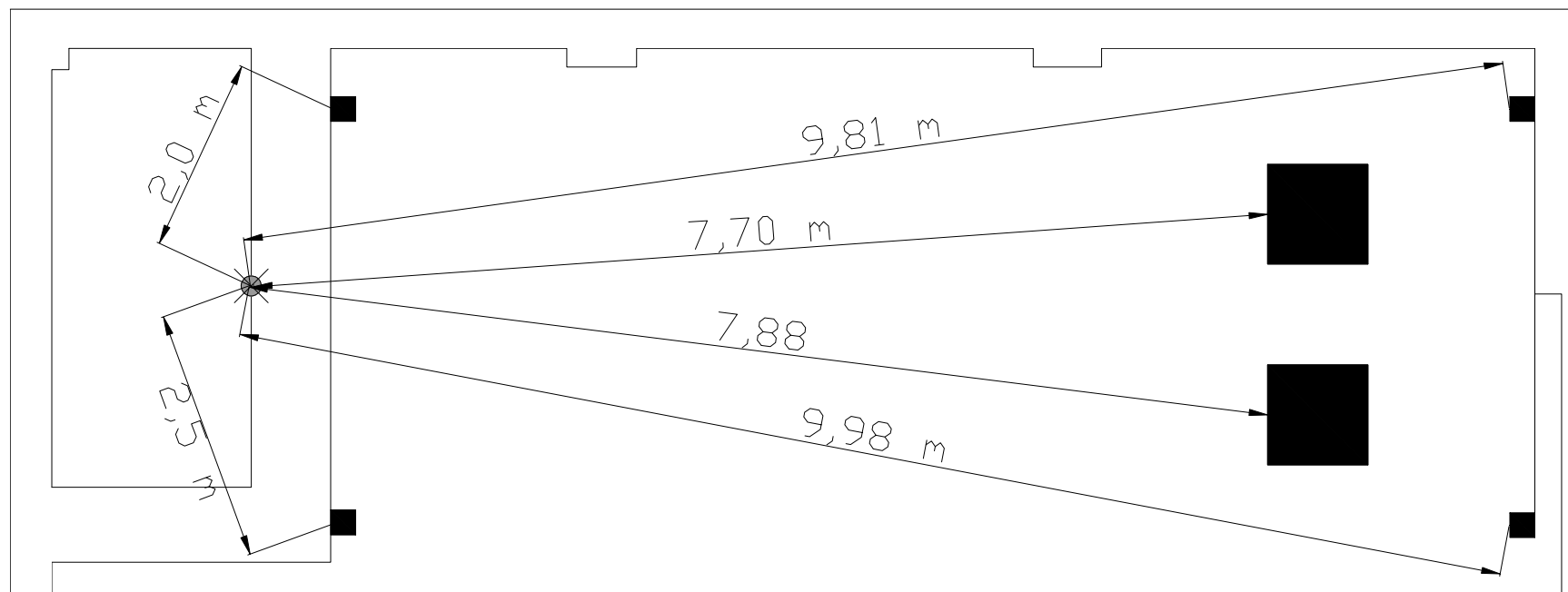


Figura 57 – Pormenor do sonómetro e fontes sonoras na zona da pista de dança

As medições de pressão sonora foram efectuadas recorrendo a filtros de 1/3 de oitava, abrangendo as frequências de 16 a 12.500 Hz, em modo linear, de forma a quantificar a totalidade da energia acústica por banda de frequência. Em termos de análise estatística as medições incluem também o $L_{A\ eq, Total}$ de forma a permitir assim algum termo de comparação deste trabalho com outros que apresentem menor detalhe informativo. Foram efectuadas medições de aproximadamente 3 e 5 horas. Optou-se por efectuar esta distinção no tempo de medição de forma a caracterizar o tempo médio de exposição dos clientes (3 horas) e o tempo médio de exposição dos trabalhadores da discoteca (5 horas).

Uma vez que os valores dos níveis de pressão sonora dos referidos tempos de permanência não são muito discrepantes, e que em termos de pertinência dos efeitos do ruído na saúde a posição de cliente é mais expressiva devido ao facto desta fracção ser quantitativamente superior à dos trabalhadores, optou-se por considerar as medições de pressão sonora relativas a 3 horas de permanência em discoteca.

Dos quatro dias de medições, correspondentes a dois dias de medições de 3 horas e a dois dias de medições de 5 horas, considerados para as campanhas de medição optou-se por seleccionar as medições correspondentes ao dia de maior afluência.

Com base no registo do nível de pressão sonora contínuo equivalente obtido nas 3 horas de medição em discoteca, interpolou-se o valor do $L_{L\ eq}$ e do $L_{A\ eq}$ para 45 minutos, valor este correspondente ao tempo de exposição da simulação em ambiente laboratorial controlado. Este tempo de exposição afigura-se como adequado pois corresponde aquele que melhor pondera as questões de disponibilidade dos participantes e da execução deste estudo em tempo útil, e as questões relacionadas com a salvaguarda do estado de saúde dos participantes. Recorrendo, assim, à regra de igual energia (3 dB por variação de 50% no tempo de exposição) obteve-se o valor de 116 dB para o L_{Leq} e o valor de 105 dB(A) para o $L_{A\ eq}$ relativamente a 45 minutos de exposição sonora em simulação de ambiente de discoteca.

7.3 Modelação Áudio

A grande maioria dos estudos que envolvem a exposição de pessoas a níveis de pressão sonora em ambiente laboratorial controlado têm como metodologia o uso de ruído branco ou rosa¹¹. No âmbito deste trabalho considerou-se pertinente o uso de música em detrimento de “ruído” por ser mais coerente com o objecto em estudo – o ruído de discoteca –, por permitir contabilizar o carácter intermitente associado à música e também pelo facto desta metodologia permitir minorar a questão da subjectividade do ruído, uma vez que se prevê menos incómodo ouvir um qualquer género musical do que “ruído” por si só. Assim sendo, e tendo em conta o tempo de exposição pretendido, recorreu-se ao programa *Adobe Audition* para compilar um ficheiro áudio a partir do mesmo género musical do dia seleccionado, com o objectivo de obter um espectro sonoro idêntico em termos de padrão de variação entre bandas de frequência. Para tal verificaram-se as diferenças entre as bandas de frequências aplicando as mesmas via modelação acústica a um trecho musical composto por 4 músicas, para que o espectro final correspondente ao tempo total de música fosse idêntico ao espectro registado em discoteca. Este trabalho de modelação foi corrigido e aferido devido a questões relacionadas com o *hardware* e instalações disponíveis, recorrendo à experimentação e medição sonora no local seleccionado para a exposição simulada.

Na Figura 58 encontra-se uma imagem capturada no decorrer da utilização do programa *Adobe Audition* durante uma das etapas de modelação do ficheiro áudio.

¹¹ O ruído branco possui energia constante em todas as frequências enquanto o ruído rosa decai 3 dB por frequência [BSE, 1997]^c.

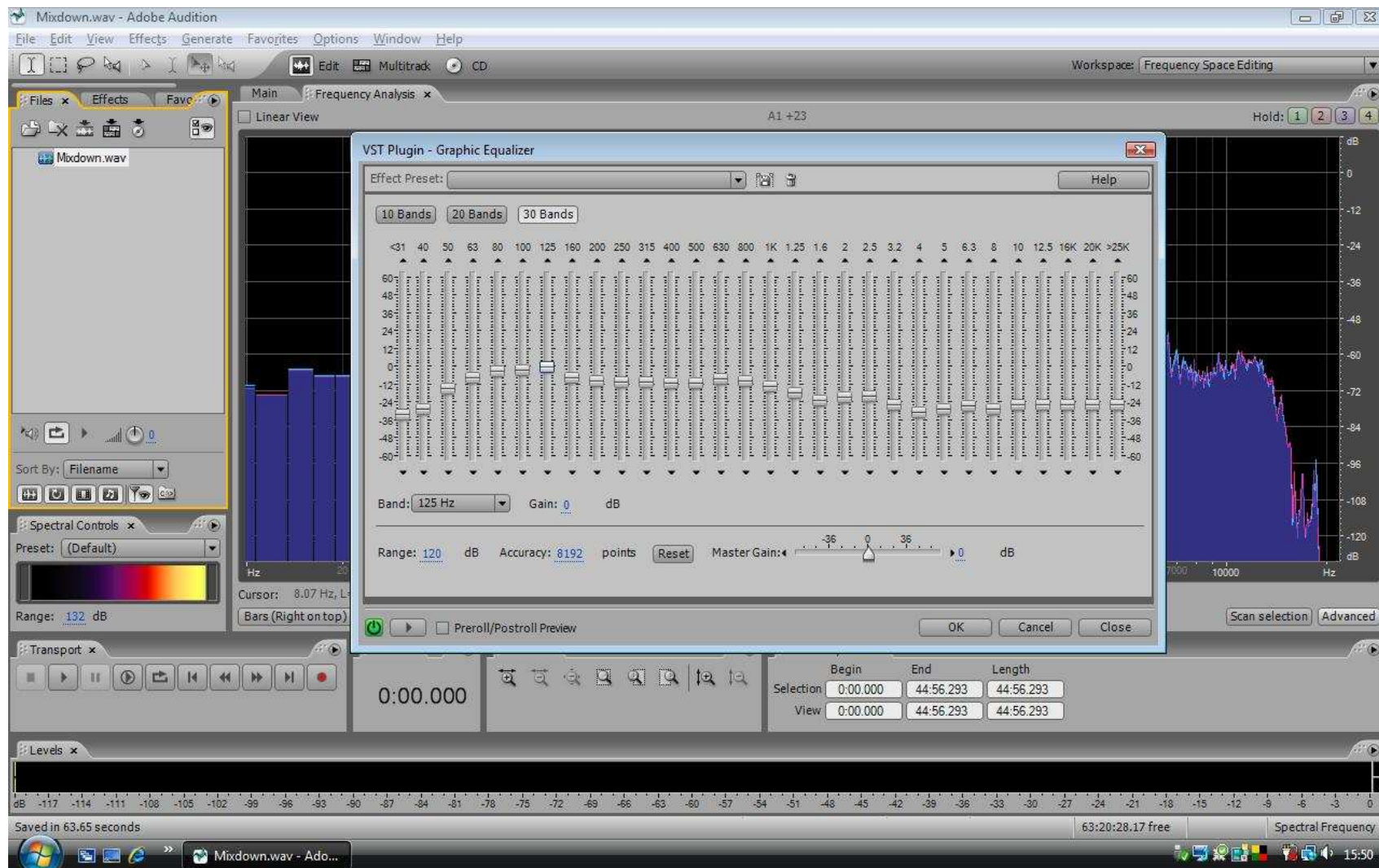


Figura 58 – Exemplo do trabalho de modelação acústica

7.4 Exposição Simulada

Estando reunidas todas as condições para avançar com a exposição sonora em ambiente controlado, resta caracterizar o local onde a mesma teve lugar e os componentes físicos utilizados no processo.

Quanto ao espaço físico recorreu-se às instalações do Centro Auditivo Widex, situado na Av. Heróis de Angola n.º 95 1º Dto. em Leiria, local este dotado de infra-estruturas e equipamento capaz de responder às necessidades inerentes a este estudo. A exposição de ruído de corpo inteiro foi efectuada na cabine audiométrica da empresa que, mesmo não sendo uma câmara anecóica por excelência, constituiu o local que melhores condições reunia para simular uma exposição de campo livre.

Como foi já referido anteriormente, revelou-se necessário corrigir o trabalho de modelação acústica devido às características do sistema de som e do local seleccionado para exposição. Após vários ensaios com alguns sistemas de som disponibilizados pela WIDEX e pela ESTG-Leiria, constatou-se que o sistema portátil pré-amplificado da *FENDER*® (um conjunto de colunas e amplificador portáteis) da ESTG era aquele que permitia obter uma maior proximidade com os resultados pretendidos. Na Figura 59 pode ser observado o equipamento de som mencionado e as suas características podem ser consultadas no Anexo F.



Figura 59 – Sistema de som *FENDER*® (adaptado de [\[Fender®, 2008\]](#))

O uso da cabine audiométrica revelou-se uma mais-valia fundamental pois permitiu simular, na medida do possível, condições de campo livre e simultaneamente garantir a preservação da qualidade acústica ambiente na envolvente da zona de testes, impedindo assim eventuais questões de incomodidade na vizinhança.

Na Figura 60 encontra-se uma fotografia da cabine audiométrica e na Figura 61 a planta do consultório.



Figura 60 – Cabine audiométrica

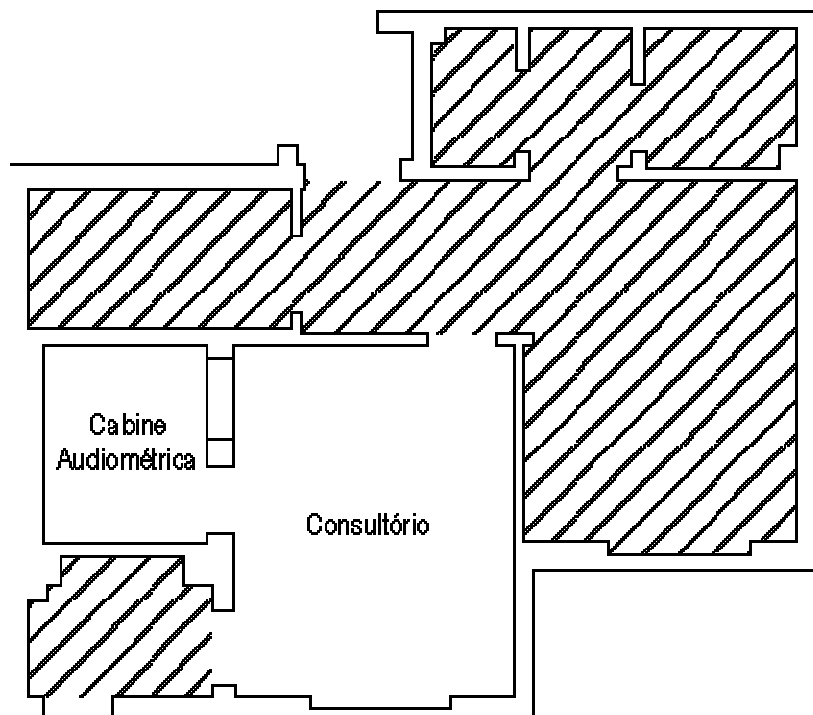


Figura 61 – Planta do consultório

Foram efectuadas 5 medições no interior da cabine audiométrica para garantir que os níveis de pressão sonora a que os participantes estariam sujeitos durante a exposição sonora, seriam os pretendidos. As 5 medições foram efectuadas com um espaçamento de 15 cm entre si, na área destinada a ser ocupada pelo participante, tendo o microfone sido posicionado à altura de 130 cm, tida como adequada para representar a altura média a que se encontra a cabeça do sujeito durante a exposição.

Na Figura 62 apresenta-se uma das posições de medição utilizadas de acordo com o procedimento adoptado para a caracterização dos níveis de pressão sonora no interior da cabine audiométrica durante a exposição sonora.



Figura 62 – Medição dos níveis de pressão sonora correspondentes à exposição controlada

A cabine audiométrica possui alguma limitação em termos de espaço uma vez que possui cerca de 6,73 m³ e nela já se encontra instalado um outro sistema de som fixo. Desta forma as colunas *Fender*® foram posicionadas em frente do sistema de som existente e dispostas equitativamente a 84 cm da cadeira onde o participante permanece durante a exposição. A cadeira encontra-se a 15 cm da parede posterior e centrada relativamente às paredes laterais, a cerca de 90 cm de cada uma.

Na Figura 63 pode ser observado o sistema de som já instalado e na Figura 64 a disposição do mesmo na cabine audiométrica.



Figura 63 – Cabine audiométrica e sistema de som *FENDER*®

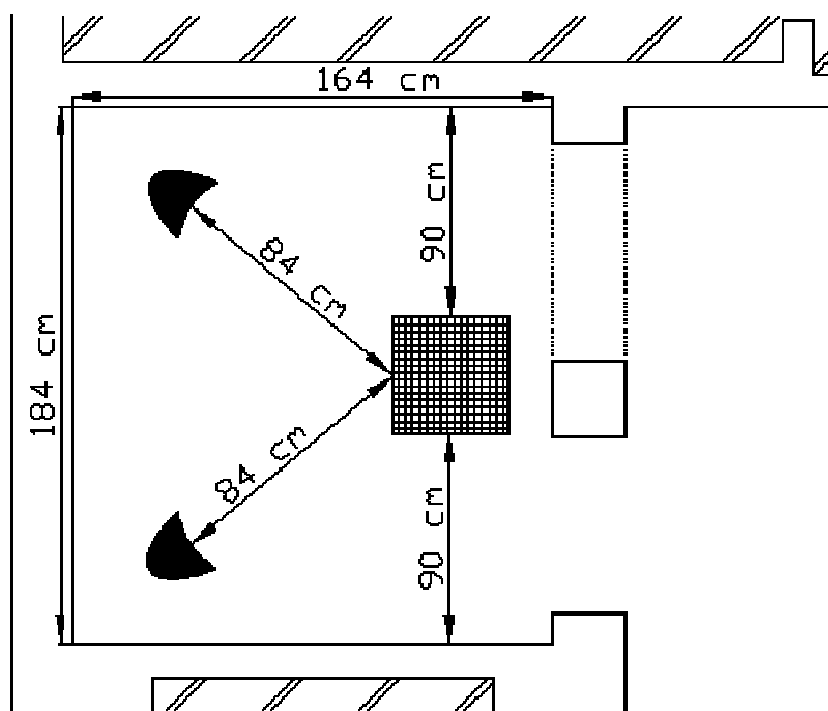


Figura 64 – Esquema da instalação do sistema de som *FENDER*®

7.5 Testes e Exames Clínicos

Embora tenham sido mencionadas em primeiro lugar as questões relacionadas com a exposição sonora, este não foi o primeiro dos testes a ser realizado. Os participantes foram alvo de um conjunto de testes com vista à obtenção de diagnósticos clínicos sobre o estado da pressão arterial, da frequência cardíaca, dos níveis de colesterol total não-basal e da audição. É pertinente referir que os exames de audiometria foram sempre precedidos por otoscopias de forma a excluir potenciais interferências externas que pudessem condicionar a transmissão aérea do som do ouvido externo para o ouvido médio, como o caso de cera excessiva a bloquear o canal, malformações do canal auditivo ou danos pré-existentes na membrana timpânica. Para além destes testes clínicos, foram também efectuados testes cognitivos com o objectivo de verificar as alterações na capacidade de concentração (*Stroop Test*) e de memória (*Partial Report*) resultantes da exposição a níveis excessivos de pressão sonora. Cada teste cognitivo é efectuado duas vezes, uma primeira vez para dar a conhecer o teste e o interface do programa, e uma segunda vez que em princípio permitirá obter resultados mais expressivos. Os mencionados testes e exames clínicos prevêem-se como adequados para a qualificação e quantificação dos efeitos do ruído no corpo humano.

Os participantes deste estudo foram avaliados em três momentos distintos, sendo os mesmos compreendidos pela fase inicial, a fase de exposição e a fase após recuperação da exposição.

A primeira fase corresponde à avaliação do estado inicial de saúde do sujeito mediante a medição da pressão arterial e frequência cardíaca, a medição do nível de colesterol total não-basal e a realização de exames de otoscopia e de audiometria. O sujeito realiza também testes cognitivos para definir um estado inicial que será utilizado como base de comparação na análise dos resultados dos mesmos testes após a exposição sonora.

A segunda fase corresponde à exposição sonora propriamente dita. Nesta os participantes são avaliados antes e após a exposição. No início são efectuadas medições da pressão arterial e da frequência cardíaca assim como do nível de colesterol total não-basal. É realizada uma otoscopia após a qual o sujeito é encaminhado para a cabine audiométrica onde é exposto a 45 minutos de música com os níveis de pressão sonora previamente mencionados. É pertinente mencionar que o sujeito encontra-se numa posição frontal direccionado para as colunas áudio.

Na Figura 65 apresenta-se um dos participantes deste estudo no interior da cabine audiométrica em plena exposição sonora.



Figura 65 – Exposição sonora na cabine audiométrica

No final da exposição são efectuadas novas medições da pressão arterial e da frequência cardíaca, seguidas de uma nova audiometria. O tempo máximo dispensado até ao momento da audiometria foi sempre inferior a dois minutos para assim garantir a detecção do efeito da exposição sonora sobre o limiar auditivo. Após a audiometria o sujeito volta a realizar os testes cognitivos efectuados na primeira fase. É também efectuado um inquérito com vista à qualificação dos sintomas pós-exposição (ver Anexo D). Desta forma encontram-se reunidas as condições para qualificar e quantificar os efeitos de uma exposição aguda a níveis excessivos de ruído no corpo humano.

A terceira e última fase teria necessariamente que ocorrer após um período mínimo de repouso de 12 a 72 horas durante o qual o sujeito deve estar isento de toda e qualquer forma de “ruído” excessivo. O tempo de repouso foi definido em função do grupo dos DJ, uma vez que este se apresentou como o mais complexo devido à actividade profissional em causa. Desta forma definiu-se como tempo de repouso as 24 horas, após as quais se repetiram as medições da pressão arterial e frequência cardíaca assim como os exames de otoscopia e audiometria. O principal objectivo desta fase consiste na averiguação da capacidade de resposta de cada grupo no que diz respeito à recuperação dos efeitos da exposição sonora que ocorreu na segunda fase.

Tendo exposto sintética e cronologicamente o procedimento experimental adoptado para este estudo, resta ainda clarificar em pormenor algumas condutas e formas de realização dos exames clínicos.

A medição da pressão arterial e frequência cardíaca foi efectuada recorrendo ao medidor de pressão arterial *Microlife*® BP 3BTO-A, de acordo com os procedimentos existentes para o efeito, nomeadamente o respeito do período de repouso de 3 a 5 minutos, o correcto posicionamento do braço, o uso de uma braçadeira de tamanho adequado, a garantia de que o braço se encontra despido e/ou sem pressão da roupa, a localização da artéria braquial e correcto posicionamento do sensor do aparelho na mesma, e o respeito de um intervalo de tempo adequado entre medições sucessivas. Este aparelho encontra-se aferido e apto a realizar medições com precisão adequada a um estudo desta natureza. No entanto optou-se por realizar aleatoriamente, numa fracção (27%) do total da população da amostra, testes de controlo da pressão arterial e frequência cardíaca recorrendo a comparações *in loco* entre o *Microlife*® BP 3BTO-A e o medidor ASTER¹² de uma farmácia existente na vizinhança do Centro Auditivo Widex. Os desvios encontrados foram considerados normais neste tipo de procedimento e aceitáveis no âmbito deste estudo.

Na Figura 66 apresenta-se uma medição da pressão arterial e frequência cardíaca de um dos participantes do estudo recorrendo ao *Microlife*® BP 3BTO-A.

¹² Aferido a 13 de Junho de 2008 pela empresa TecniLab



Figura 66 – Medição da pressão arterial e frequência cardíaca (Microlife ® BP 3BTO-A)

A medição do nível de colesterol total não-basal foi efectuada recorrendo ao aparelho *Accutrend ® GCT* da Roche. Não foi possível realizar medições do colesterol basal dada a disponibilidade dos participantes e o horário em que é permitido utilizar as instalações da Widex. Desta forma optou-se por medir o colesterol total não-basal incorrendo o risco do mesmo ser menos preciso e meramente indicativo.

Foram respeitados os procedimentos relativos às medições do colesterol nomeadamente o lavar e secar bem as mãos (algumas das gorduras corporais e/ou dos sabonetes podem influenciar os resultados), o desinfectar da polpa do dedo assim como o massajar e apertar dessa zona para facilitar a formação da gota de sangue, o efectuar da punção capilar na região lateral da polpa do dedo e a aplicação de uma quantidade adequada de sangue na zona amarela da tira teste evitando que o dedo toque na mesma. Todos os materiais descartáveis utilizados neste procedimento foram tratados como resíduos hospitalares de nível III e encaminhados para destino adequado.

Na Figura 67 é apresenta-se uma medição do nível de colesterol a um dos participantes do estudo.



Figura 67 – Medição do nível de colesterol total não-basal com o sistema *Accutrend*® GCT da Roche

Os exames de otoscopia e audiometria foram realizados por uma técnica de audiolgia com vasta experiência na área de otorrinolaringologia. Caso fosse detectado excesso de cera, alguma má-formação ou danos pré-existentes no ouvido externo, seria interrompida a participação do sujeito e apenas retomada nos casos em que existisse um retorno ao estado natural de normalidade auditiva em tempo útil.

A audiometria foi efectuada de acordo com os procedimentos normalizados definidos na ISO 8253-1989 e na ISO 6189-1983, recorrendo ao *Midimate 602 Diagnostic Audiometer* da Madsen¹³, nas frequências de 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 Hz no caso de audiometria por condução aérea e nas frequências de 250, 500, 1.000, 2.000 e 4.000 Hz no caso de audiometria por condução óssea [ISO 8253, 1989], [ISO 6189, 1983].

Na Figura 68 apresenta-se a realização de uma otoscopia a um dos participantes do estudo recorrendo ao otoscópio *Heine mini 2000*. Embora não exista na WIDEX equipamento dotado de capacidade de fotografar o interior do ouvido externo, julgou-se pertinente apresentar o estado normal de uma membrana timpânica (ver Figura 69).

¹³ Calibrado em 26/02/2008 segundo a norma ISO 389 de 1985



Figura 68 – Otoscopia

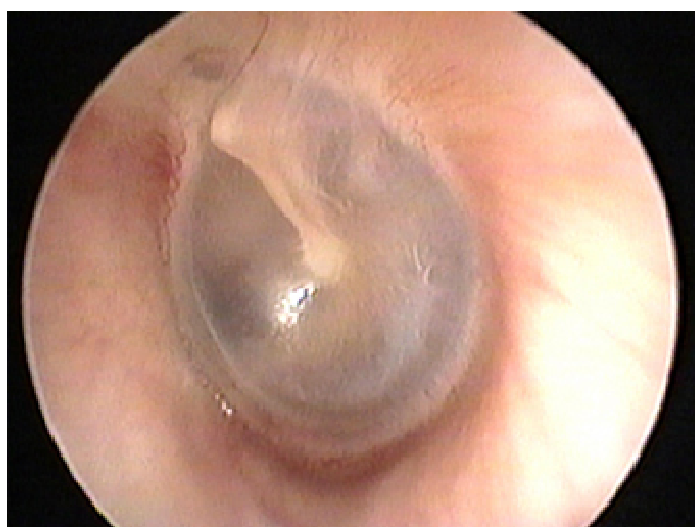


Figura 69 – Tímpano (adaptado de [\[EM, 2008\]](#))

Na Figura 70 encontra-se uma fotografia do audiómetro utilizado e na Figura 71 apresenta-se a realização de uma audiometria a um dos participantes do estudo. Ainda na Figura 72 é possível visualizar um outro participante num estado de elevada concentração no decorrer da audiometria.



Figura 70 – Midimate 602 Diagnostic Audiometer da Madsen



Figura 71 – Audiograma



Figura 72 – Realização de um audiograma

Os resultados de todas as medições e exames clínicos mencionados nesta secção do documento são apresentados na Secção 8, dedicado à análise e discussão dos mesmos.

8 Análise e Discussão de Resultados

Este capítulo encontra-se reservado à análise e discussão dos resultados obtidos no decorrer da parte experimental deste mestrado. Desta forma, nesta secção encontram-se os resultados da análise estatística às respostas dos inquéritos efectuados, os resultados da caracterização da amostra populacional utilizada para este estudo, os resultados das medições de pressão sonora de 3 e 5 horas efectuadas na discoteca, os resultados da modelação acústica efectuada ao ficheiro áudio bem como da verificação dos níveis de pressão sonora correspondentes à exposição simulada no interior da cabine audiométrica. Apresentam-se também os resultados globais médios dos audiogramas por grupo, os resultados relativos aos testes cognitivos, e por fim os resultados dos testes clínicos efectuados com vista à caracterização dos níveis de colesterol total não-basal, da pressão arterial e da frequência cardíaca. Importa ainda referir que o tratamento estatístico dos dados foi efectuado em Excel recorrendo à estatística descritiva, nomeadamente a medidas de tendência central (média, moda e mediana) e a medidas de dispersão (desvio-padrão).

8.1 Inquéritos realizados

Todos os grupos (G1, G2 e G3) deste estudo preencheram um inquérito inicial que contempla questões relativas à actividade profissional, exposição a ruído não-ocupacional, consumo de drogas, contacto com substâncias ototóxicas e questões do foro clínico do próprio e da sua família (ver Anexo C).

Os grupos expostos à simulação de ruído de discoteca (G2 e G3) preencheram um inquérito após a mencionada exposição com vista à qualificação dos sintomas pós-exposição (ver Anexo D) e foi ainda efectuado um outro inquérito ao grupo G3 no sentido de averiguar possíveis sinais/sintomas relacionados com a VAD dada a actividade profissional deste último grupo (ver Anexo E).

Da análise dos resultados dos inquéritos iniciais efectuados aos três grupos resulta a informação apresentada nas Tabela 10 a Tabela 13. No sentido de facilitar a interpretação destes dados apresenta-se também a referida informação nos Gráfico 1 a Gráfico 4.

Tabela 10 – Resumo da análise dos inquéritos iniciais

		G1		G2		G3	
Armas de Tiro	Não exposto	100%		100%		100%	
	Exposto	0%		0%		0%	
		Tempo Exp.	Freq. (anual)	Tempo Exp.	Freq. (anual)	Tempo Exp.	Freq. (anual)
	<1 ano	--	--	--	--	--	--
	[1 a 5 anos]	--	--	--	--	--	--
	[6 a 10 anos]	--	--	--	--	--	--
	>10 anos	--	--	--	--	--	--
Desportos Motorizados	Não exposto	73%		100%		100%	
	Exposto	27%		0%		0%	
		Tempo Exp.	Freq. (anual)	Tempo Exp.	Freq. (anual)	Tempo Exp.	Freq. (anual)
	<1 ano	0%	0	0%	0	0%	0
	[1 a 5 anos]	9%	5	0%	0	0%	0
	[6 a 10 anos]	18%	1	0%	0	9%	60
	>10 anos	0%	0	0%	0	0%	0
Ferramentas Ruidosas	Não exposto	55%		82%		91%	
	Exposto	45%		18%		9%	
		Tempo Exp.	Freq. (mensal)	Tempo Exp.	Freq. (mensal)	Tempo Exp.	Freq. (mensal)
	<1 ano	9%	12	0%	0	0%	0
	[1 a 5 anos]	18%	20	0%	0	0%	0
	[6 a 10 anos]	18%	16	9%	28	0%	0
	>10 anos	0%	0	9%	1	9%	20
Discotecas	Não exposto	27%		18%		0%	
	Exposto	73%		82%		100%	
		Tempo Exp.	Freq. (anual)	Tempo Exp.	Freq. (anual)	Tempo Exp.	Freq. (anual)
	<1 ano	0%	0	0%	0	0%	0
	[1 a 5 anos]	9%	3	9%	5	0%	0
	[6 a 10 anos]	64%	9	64%	7	36%	86
	>10 anos	0%	0	9%	12	64%	149

Tabela 11 – Resumo da análise dos inquéritos iniciais (cont.)

		G1		G2		G3	
Concertos	Não exposto	18%		18%		36%	
	Exposto	82%		82%		64%	
		Tempo Exp.	Freq. (anual)	Tempo Exp.	Freq. (anual)	Tempo Exp.	Freq. (anual)
	<1 ano	0%	0	0%	0	0%	0
	[1 a 5 anos]	27%	2	27%	2	0%	0
	[6 a 10 anos]	45%	2	36%	7	9%	40
	>10 anos	9%	3	18%	9	55%	20
Auscultadores	Não exposto	18%		27%		27%	
	Exposto	82%		73%		73%	
		Tempo Exp.	Freq. (mensal)	Tempo Exp.	Freq. (mensal)	Tempo Exp.	Freq. (mensal)
	<1 ano	9%	30	0%	0	0%	0
	[1 a 5 anos]	18%	7	18%	5	0%	0
	[6 a 10 anos]	9%	6	27%	11	18%	16
	>10 anos	45%	15	27%	14	55%	26
Álcool	Não consome	55%		9%		9%	
	Consome	45%		91%		91%	
		Tempo Exp.	Consumo. (mensal)	Tempo Exp.	Consumo. (mensal)	Tempo Exp.	Consumo. (mensal)
	<1 ano	0%	0	0%	0	0%	0
	[1 a 5 anos]	9%	4	27%	2	0%	0
	[6 a 10 anos]	27%	14	45%	4	27%	10
	>10 anos	9%	1	18%	3	64%	6
Tabaco	Não consome	73%		82%		9%	
	Consome	27%		18%		91%	
		Tempo Exp.	Consumo (diário)	Tempo Exp.	Consumo (diário)	Tempo Exp.	Consumo (diário)
	<1 ano	0%	0	0%	0	9%	2
	[1 a 5 anos]	0%	0	9%	1	0%	0
	[6 a 10 anos]	18%	5	9%	10	18%	9
	>10 anos	9%	10	0%	0	64%	6

Tabela 12 – Resumo da análise dos inquéritos iniciais (ruído ambiente)

		G1	G2	G3
Ruído Ambiente	Não exposto	73%	73%	82%
	Exposto	27%	27%	18%

Tabela 13 – Resumo da análise dos inquéritos iniciais (drogas ototóxicas.)

		G1		G2		G3	
		% pessoas no grupo	% consumo no grupo	% pessoas no grupo	% consumo no grupo	% pessoas no grupo	% consumo no grupo
Drogas ototóxicas	Não consome	27%	--	27%	--	91%	--
	Consome	73%	--	73%	--	9%	--
	Antibióticos Aminoglicosídeos	9%	13%	9%	13%	0%	0%
	Macrólidos	0%	0%	18%	25%	0%	0%
	Penicilina	0%	0%	9%	13%	0%	0%
	Anti-malários	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Diuréticos	9%	13%	9%	13%	0%	0%
	Anti-inflamatórios	55%	75%	27%	38%	9%	100%

Resta ainda mencionar que todos os participantes deste estudo responderam como “não aplicável” no que concerne as questões dos poluentes ototóxicos, dificuldades auditivas e alterações auditivas na família. Relativamente ao campo “outros aspectos clínicos relevantes” apenas três pessoas do grupo G1 referiram possuir colesterol elevado e dor de cabeça.

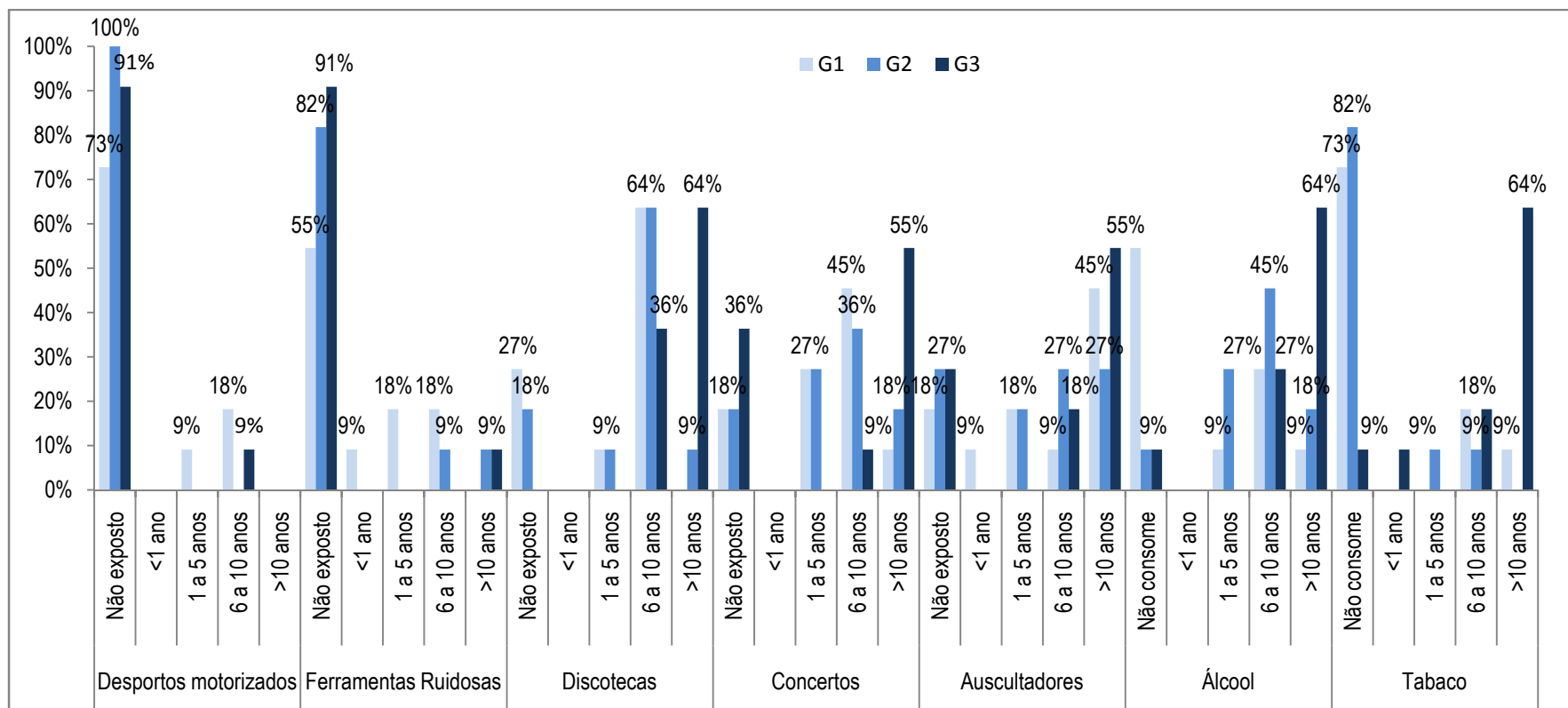


Gráfico 1 – Análise dos resultados dos inquéritos iniciais (percentagem de exposição/consumo)

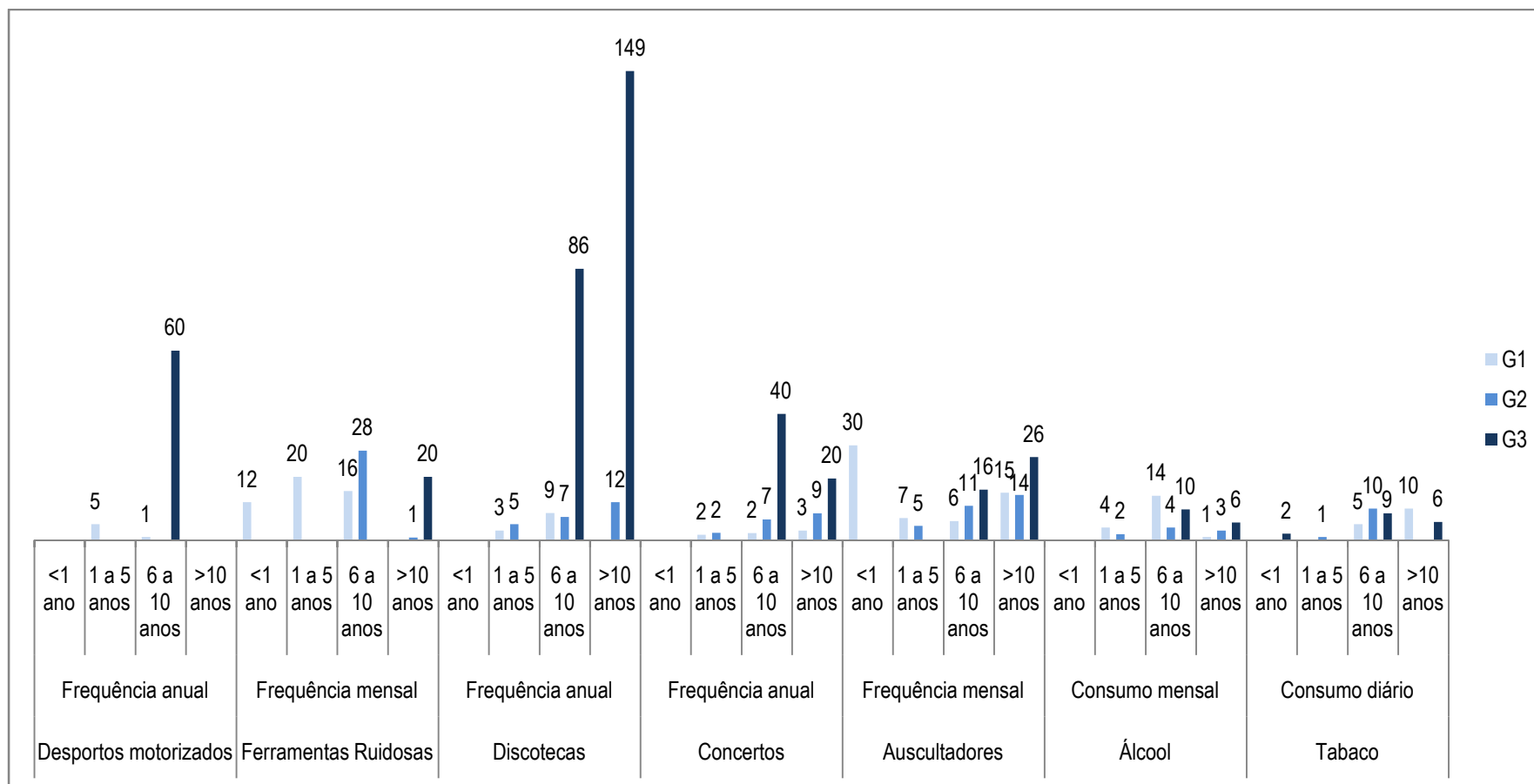


Gráfico 2 – Análise dos resultados dos inquéritos iniciais (quantificação da exposição/consumo)

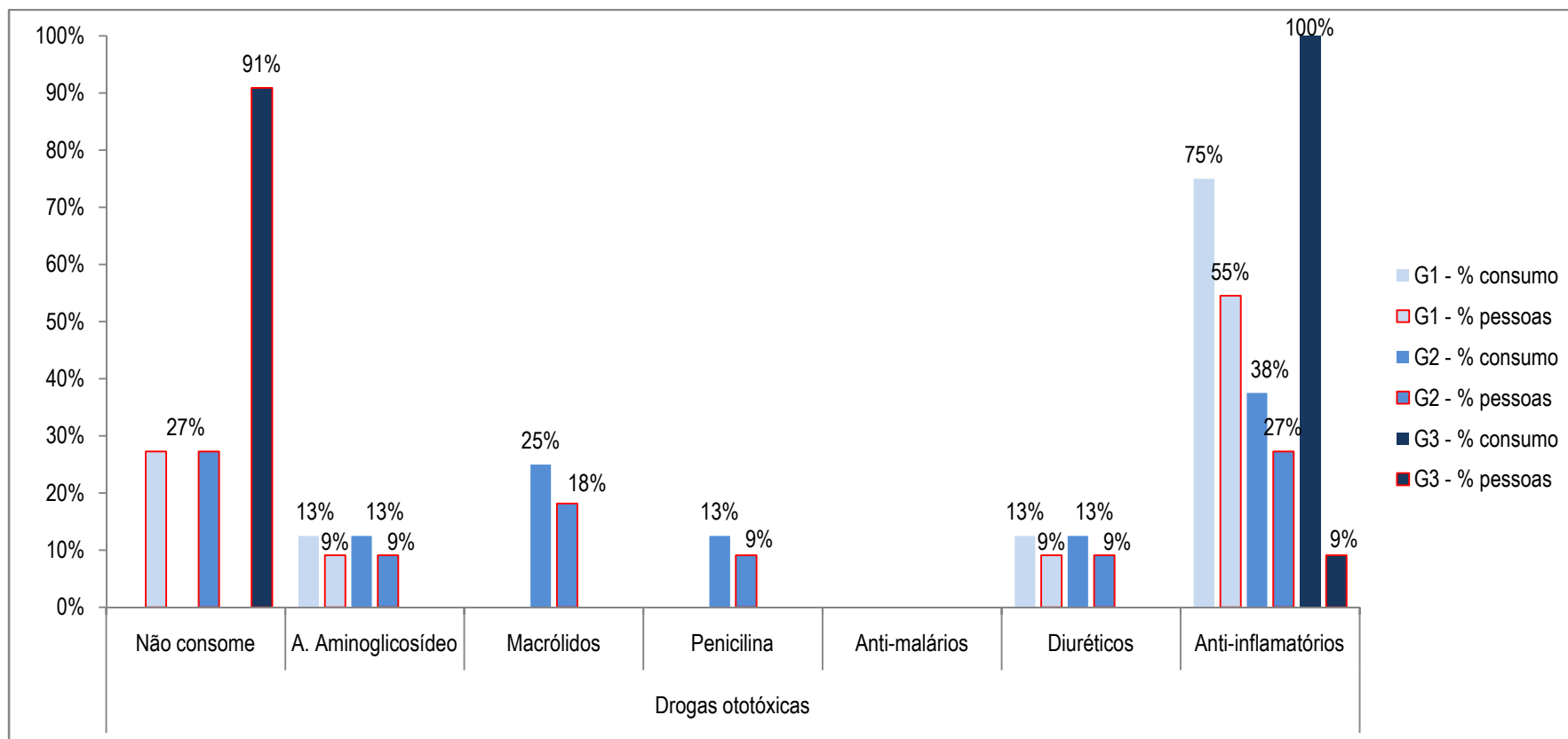


Gráfico 3 – Análise dos resultados dos inquéritos iniciais (consumo de drogas ototóxicas)

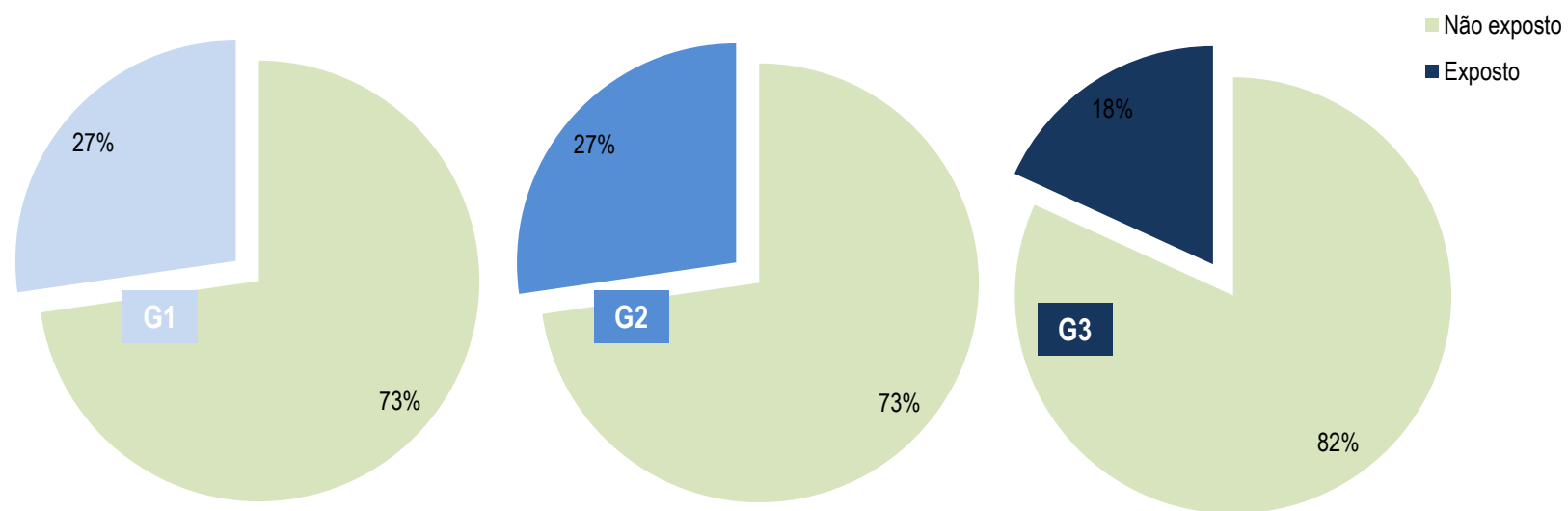


Gráfico 4 – Análise dos resultados dos inquéritos iniciais (exposição a Ruído Ambiente)

Relativamente aos inquéritos após a exposição apenas uma pessoa do grupo G3 relatou sintomas que se enquadram no quadro clínico típico de distúrbios vestibulares, nomeadamente tonturas, visão distorcida e perturbações de equilíbrio, sintomas estes que cessaram escassos minutos após a exposição.

No que diz respeito aos inquéritos efectuados aos DJ e relativamente ao primeiro grupo de questões, apenas duas pessoas relataram sintomas, sendo estes a “indigestão/azia” e “infecções da orofaringe”. No que concerne a indigestão/azia, a frequência relatada foi de duas vezes por semana e apenas após a gravidez da pessoa em causa, e no que diz respeito às infecções da orofaringe, a frequência relatada foi de uma/duas vezes por ano, o que se considera dentro do limite da normalidade. Relativamente ao segundo grupo de questões, os sintomas mais relatados foram os de “dores no peito” (por três pessoas), os de “dores lombares” e de “fadiga extrema” (ambos por duas pessoas). No entanto, a frequência destes sintomas varia de “raramente” a “pouco frequente” mas estão por norma associados a períodos após exposições a ruído intenso e prolongado decorrentes da sua actividade profissional (DJ). Embora este inquérito tenha sido pouco conclusivo no que diz respeito à averiguação de sinais/sintomas de VAD, o mesmo prevê-se essencial dado o tempo médio de exposição dos DJ a ruído de discoteca (cerca de 10 anos e meio).

8.2 Amostra Populacional: Sexo e Idade

Recorrendo à caracterização da amostra por sexo e idade é possível ter uma noção do grau de homogeneidade entre os participantes deste estudo. Esta informação reveste-se de significativa importância uma vez que se afigura essencial para a correcta análise dos resultados obtidos no decorrer da experimentação.

Na Tabela 14 encontra-se a distribuição por sexo na totalidade da amostra e em cada um dos grupos constituídos, informação esta complementada pela representação nos Gráfico 5 a Gráfico 7. Os valores apresentados referem-se ao número total de indivíduos por classe – sexo – sendo esta informação acompanhada pelo seu respectivo valor percentual.

Tabela 14 – Caracterização da amostra por sexo

Sexo	Total		G1		G2		G3	
	N	%	N	%	N	%	N	%
♀	15	45	6	55	6	55	3	27
♂	18	55	5	45	5	45	8	73
TOTAL	33	100	11	100	11	100	11	100

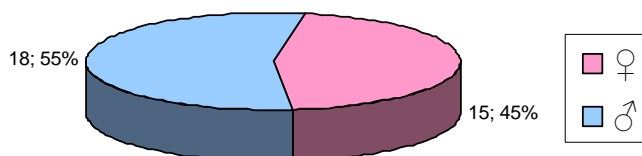


Gráfico 5 - Caracterização da amostra por sexo (TOTAL)

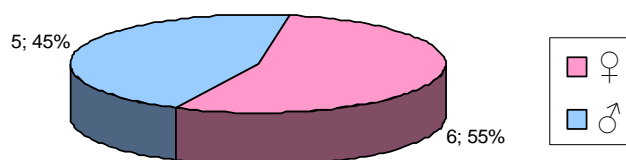


Gráfico 6 - Caracterização da amostra por sexo do grupo G1 e G2

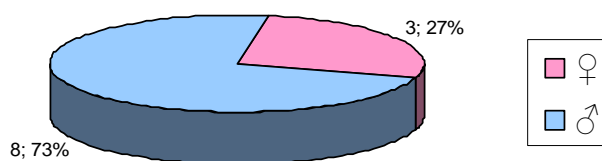


Gráfico 7 - Caracterização da amostra por sexo do grupo G3

Da análise desta informação constata-se que existe uma distribuição equitativa por sexo na totalidade da amostra, relação esta apenas contradita pela análise individual do grupo G3 onde a quase totalidade dos participantes pertencem ao sexo masculino.

Na Tabela 15 encontra-se a distribuição por idade na totalidade da amostra e em cada um dos grupos constituídos, informação esta complementada pela representação nos Gráfico 8 e Gráfico 9. Os valores apresentados referem-se à média das idades dos participantes do estudo sendo esta informação acompanhada pelo respectivo valor de desvio-padrão.

Tabela 15 – Caracterização da amostra por idade (média e desvio padrão)

Idade	Total		G1		G2		G3	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
♀	25	1,9	25	2,4	25	1,7	26	1,7
♂	28	4,6	25	2,7	26	2,2	32	4,6
TOTAL	27	4,0	25	2,4	25	2,0	30	4,8

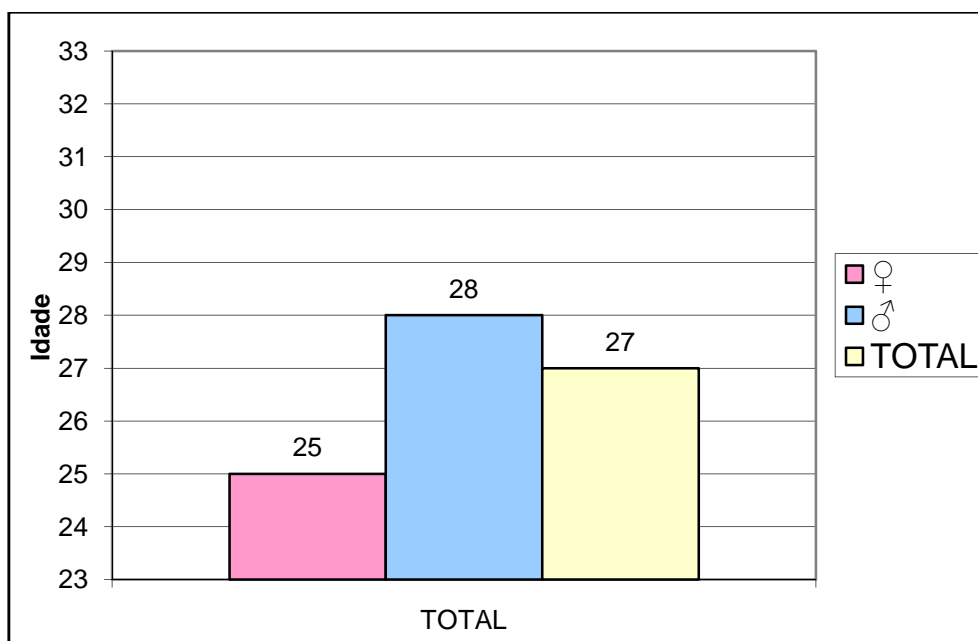


Gráfico 8 - Caracterização da amostra por idade (TOTAL)

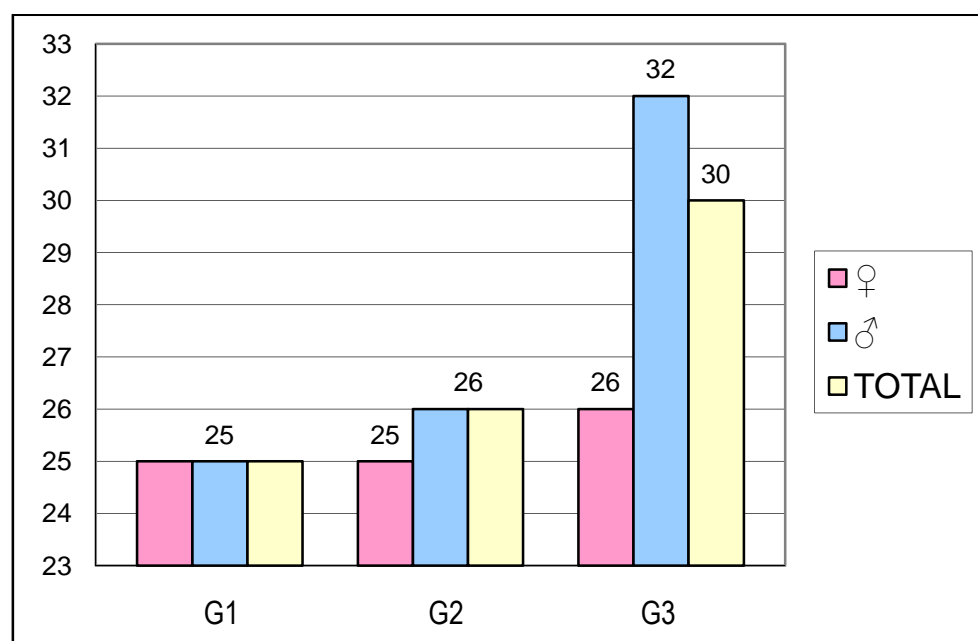


Gráfico 9 - Caracterização da amostra por idade de acordo com grupo

Da análise desta informação constata-se que os grupos G1 e G2 são também bastante semelhantes no que diz respeito à distribuição por idades, e que o grupo G3, e especificamente a fracção masculina deste grupo, é aquela que apresenta idades mais discrepantes relativamente à média dos restantes grupos.

Como foi referido anteriormente, a dimensão e qualidade da amostra definem a fiabilidade dos resultados obtidos em qualquer estudo experimental, e neste caso a dimensão revê-se como insuficiente para alcançar resultados fidedignos e conclusivos. Como principais justificações para o facto de não ter sido possível recrutar um maior número de pessoas aponta-se a duração e custos financeiros inerentes aos testes e exames clínicos efectuados e o horizonte temporal definido que se afigura insuficiente para um estudo desta natureza e com este nível de detalhe.

8.3 Caracterização do Ruído de Discoteca

A caracterização do ruído típico de discoteca teve como base a informação que é apresentada do Gráfico 10 ao Gráfico 13, relativa às medições de pressão sonora de 3 e de 5 horas efectuadas em ambiente de discoteca em 4 dias não consecutivos. Foram seleccionados os dois dias de semana mais representativos, aqui definidos como os dias “A” e “B”, isto é, aqueles em que se verificou uma maior afluência à discoteca que serviu de base a este estudo. Efectuaram-se nos dias “A” e “B” de uma semana medições de 3 horas e em dias homólogos de uma outra semana as medições de 5 horas.

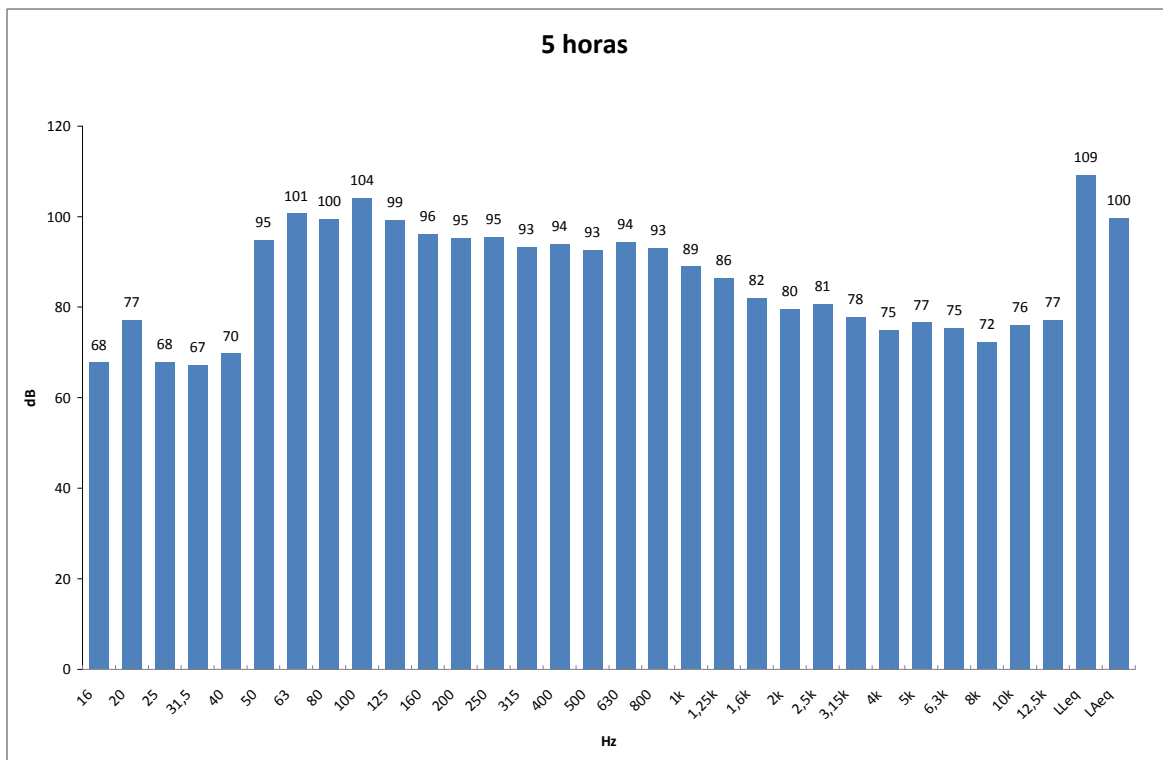


Gráfico 10 - Medição de 5 horas do nível de pressão sonora linear (dia A)

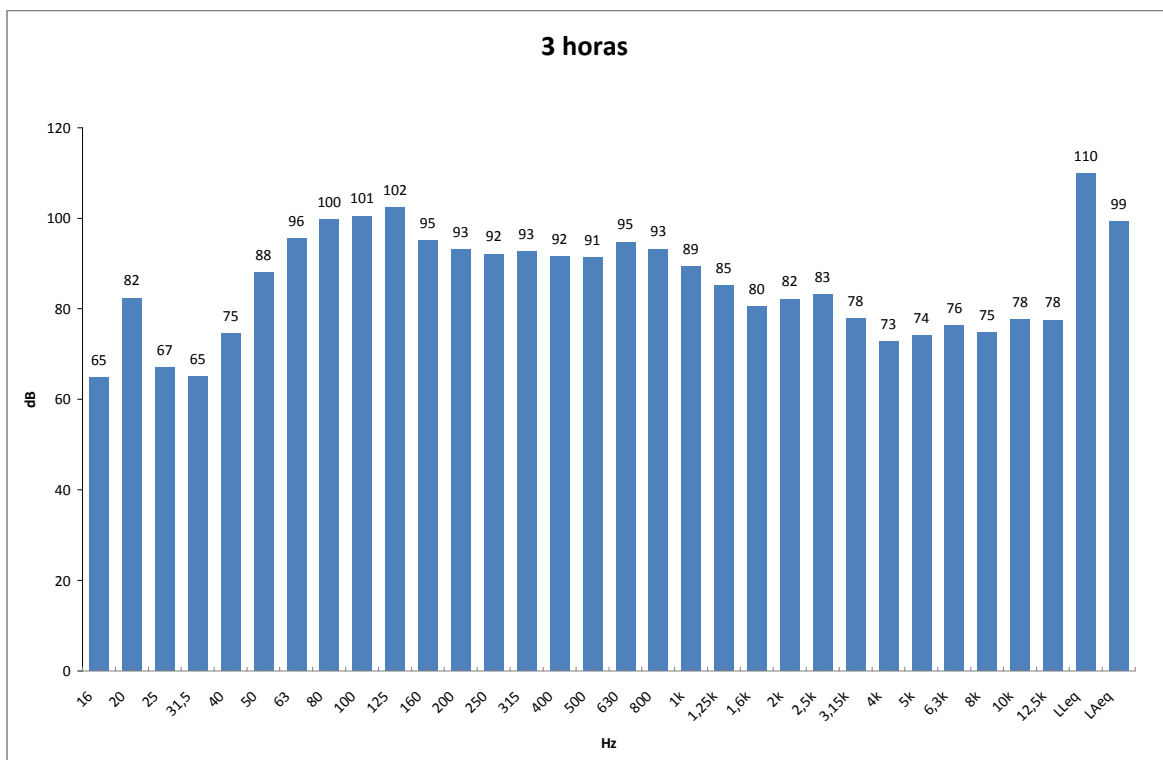


Gráfico 11 - Medição de 3 horas do nível de pressão sonora linear (dia A)

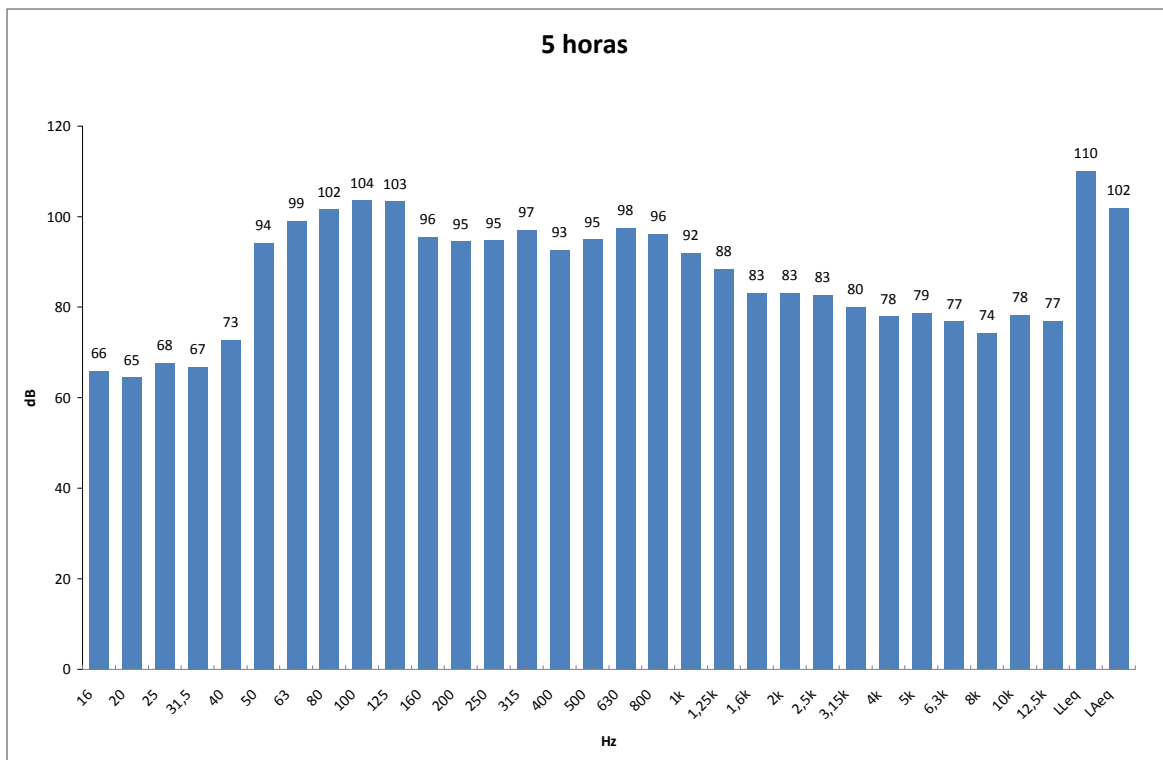


Gráfico 12 - Medição de 5 horas do nível de pressão sonora linear (dia B)

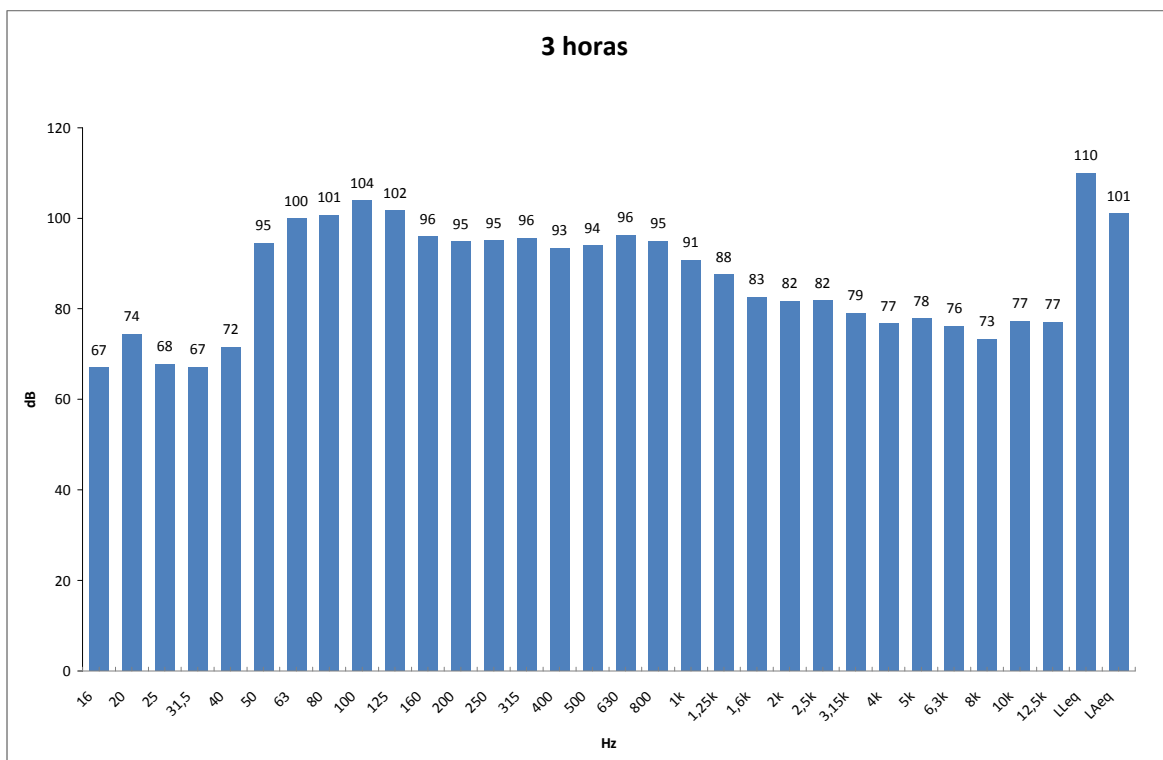


Gráfico 13 - Medição de 3 horas do nível de pressão sonora linear (dia B)

Pelas razões enumeradas anteriormente, isto é, pelas questões de maior afluência e de maior representatividade da fracção “cliente” *versus* fracção “trabalhador”, considerou-se a medição expressa no Gráfico 11 como representativa dos níveis de pressão sonora típicos de uma discoteca.

Foi estipulado o valor de 120 dB como o patamar mínimo admissível para definição de valores de pico em todas as medições efectuadas. Desta forma registaram-se na medição de 3 horas para o dia seleccionado 163 picos em A (tendo em conta a malha de ponderação A) e 4.497 picos em L (considerando a energia acústica na sua totalidade), sendo que o valor pico máximo registado, com ou sem malha de ponderação, foi o de 124,0 dB. Os níveis de pressão sonora máximos com integração em modo *Fast* foram os de 117,9 dB(A) para o L_{AF} e de 120,8 dB para o L_{LF} .

Com base na medição seleccionada e mediante a aplicação da regra de igual energia (3 dB por variação de 50% no tempo de exposição) interpolaram-se os valores de 116 dB para o L_{Leq} e de 105 dB(A) para o L_{Aeq} relativos a 45 minutos de exposição sonora em ambiente controlado (cabine audiométrica). Para efectuar este cálculo foi seleccionada a banda crítica, isto é, a banda de maior intensidade sonora (125 Hz), através da qual se realizou a interpolação. Desta operação resultou o valor de 6 dB como valor de incremento capaz de compensar a redução no tempo de exposição de 3 horas para 45 minutos. De forma a manter a coerência espectral foi aplicado o mesmo incremento a todas as bandas de frequência o que resultou nos mencionados valores de L_{Leq} e L_{Aeq} que podem ser consultados no Gráfico 14.

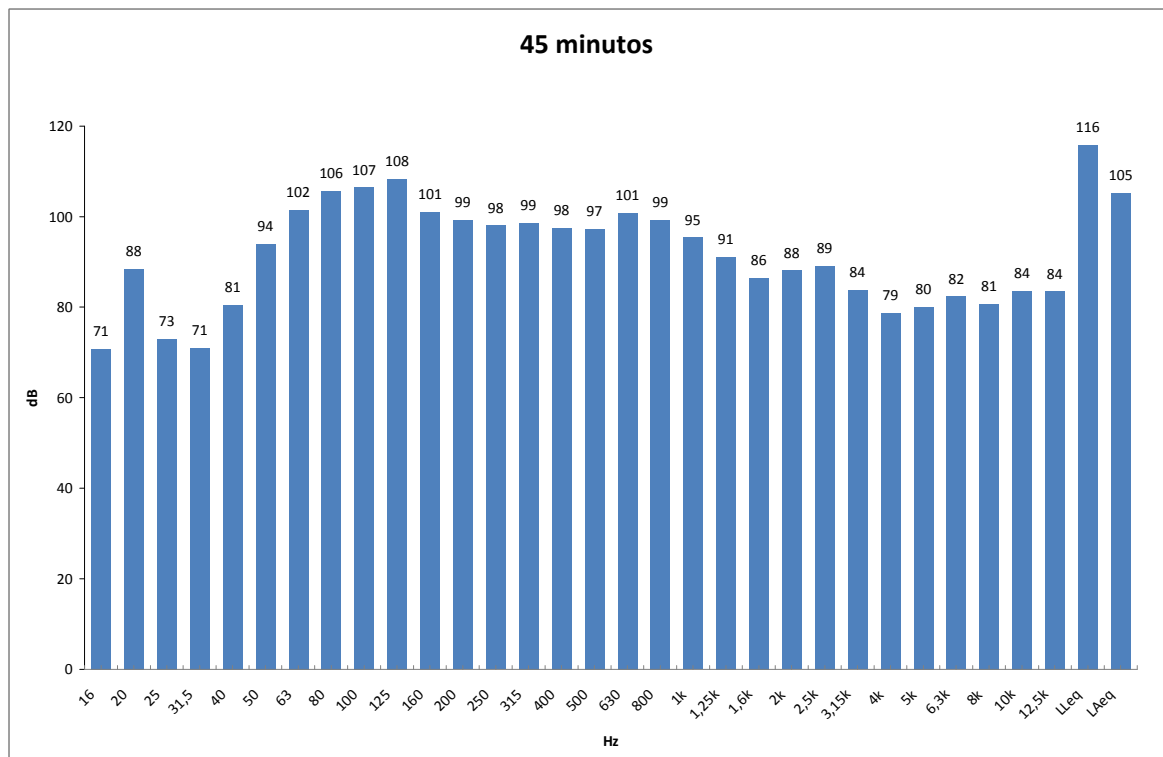


Gráfico 14 - Conversão do tempo de exposição de 3 horas para 45 minutos

8.4 Modelação Acústica: Exposição Simulada

Uma vez definidos os critérios de exposição sonora, encontram-se reunidas as condições para discutir a modelação acústica efectuada via *Adobe Audition*. Mediante um trecho composto por quatro músicas semelhantes ao género musical do dia seleccionado compilou-se um ficheiro áudio cujo espectro foi alterado de forma a torna-lo o mais idêntico possível ao espectro apresentado no Gráfico 14. Para tal, calcularam-se as diferenças entre a banda crítica (125 Hz) e todas as restantes obtendo-se os valores apresentados no Gráfico 15.

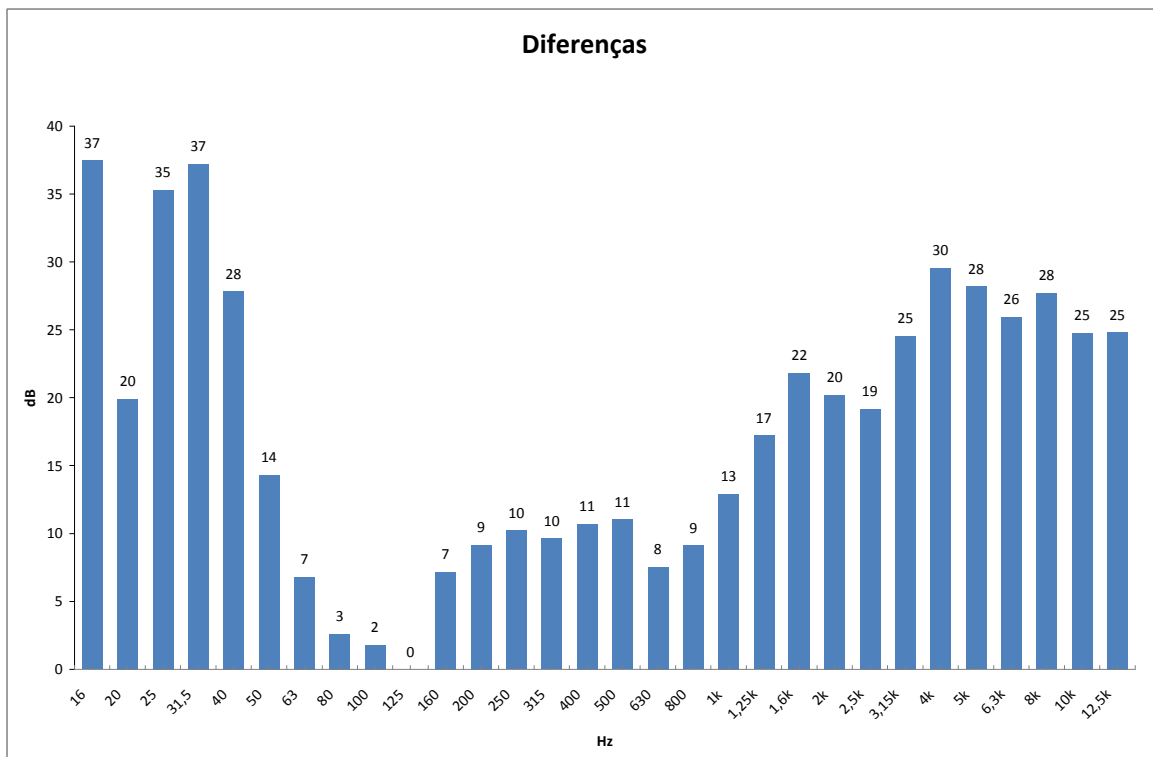


Gráfico 15 - Diferenças numérica entre a banda crítica e as restantes bandas

Estas diferenças foram aplicadas ao ficheiro áudio, assim como várias correcções e aferições (relacionadas com o *hardware* e instalações disponíveis) via experimentação e medição sonora no local seleccionado para a exposição simulada, tendo-se obtido o resultado apresentado no Gráfico 16. É pertinente mencionar que se efectuou uma profunda análise a vários cenários compostos por diferentes sistemas de som, após a qual se seleccionou o sistema de som *Fender®* como aquele que permitia obter uma maior aproximação aos valores estipulados.

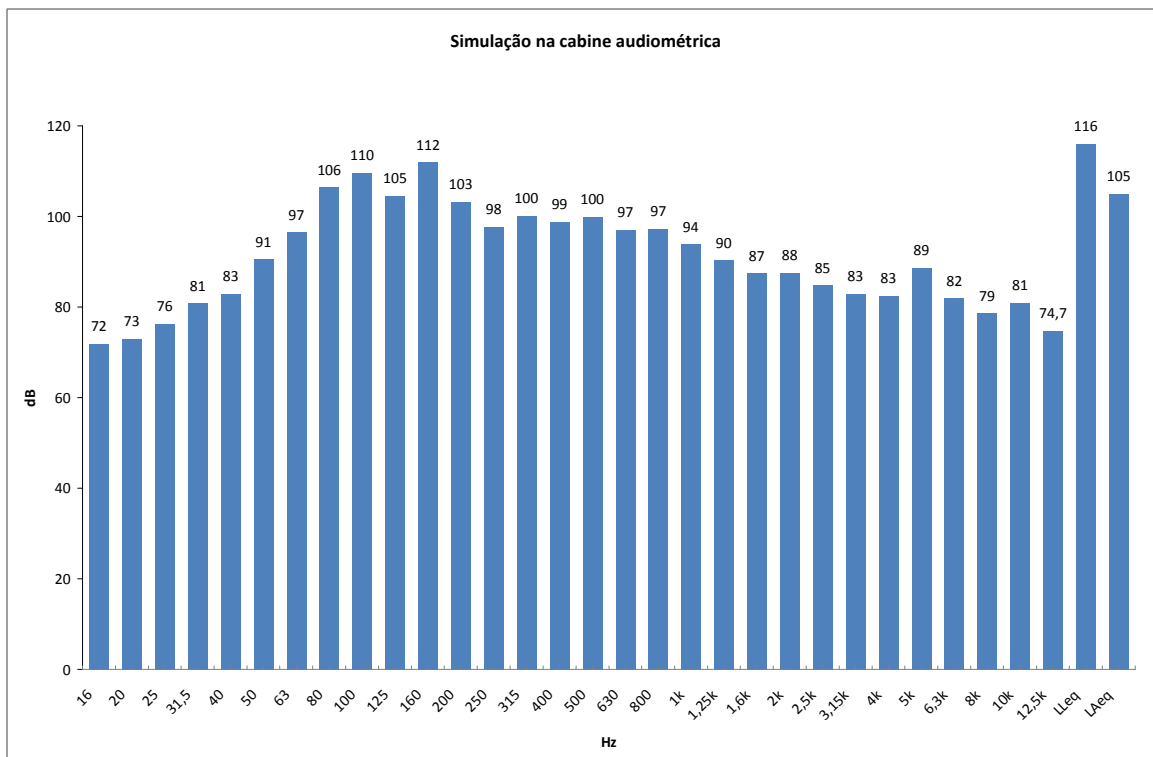


Gráfico 16 - Simulação dos 45 minutos na cabine audiométrica

Nas medições efectuadas para a simulação dos 45 minutos na cabine audiométrica registaram-se 969 picos em A e 2.669 picos em L, sendo que o valor pico máximo registado, com ou sem malha de ponderação, foi o de 123,9 dB. Os níveis de pressão sonora máximos com integração em modo *Fast* foram os de 116,7 dB(A) para o L_{AF} e de 122,8 dB para o L_{LF} .

Embora os valores de L_{Leq} e L_{Aeq} sejam exactamente os pretendidos, os espectros apresentam ligeiras discrepâncias. As principais diferenças entre a simulação e os valores pretendidos apresentam-se no Gráfico 17 e pode-se afirmar que em termos gerais estas discrepâncias resultam numa diferença global média nula com um desvio padrão de 5 dB.

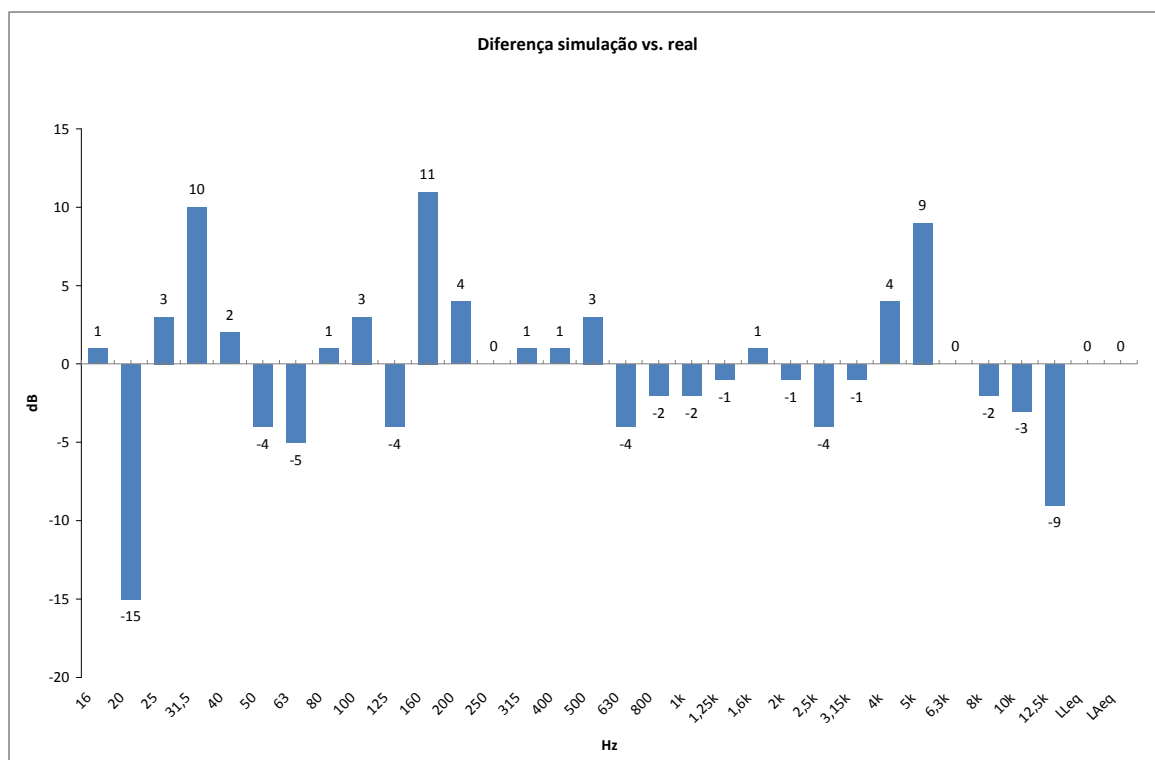


Gráfico 17 – Simulação vs. Valores pretendidos

8.5 Exposição Simulada: Efeitos Auditivos

De seguida é apresentada a análise efectuada aos resultados obtidos na investigação dos efeitos de níveis de pressão sonora excessiva no corpo humano, decorrentes da parte experimental deste mestrado.

Relativamente aos resultados das avaliações audiométricas são apresentados audiogramas representativos do estado auditivo inicial de cada um dos grupos (G1, G2 e G3), audiogramas representativos das alterações auditivas que ocorreram após exposição aos níveis de pressão sonora definidos, e audiogramas representativos da recuperação auditiva após as 24 horas definidas como período de descanso. Os audiogramas específicos de cada um dos participantes, efectuados ao longo das 3 etapas deste estudo, encontram-se nos Anexos H, I e J, e não no presente capítulo.

Importa desde já esclarecer que a metodologia adoptada para esta avaliação audiológica segue os procedimentos normalizados definidos na ISO 8253-1989 e na ISO 6189-1983, assim como os normais procedimentos de elaboração de audiogramas tipicamente efectuados no Centro Auditivo Widex, com a excepção da introdução das frequências de 125 e 8.000 Hz. Inicialmente

idealizou-se efectuar esta análise nas frequências de 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000 e 8.000 Hz, mas este procedimento afigurava-se demasiado moroso e portanto suprimiram-se as frequências de 3.000 e 6.000 Hz. A exclusão destas duas frequências revê-se como aceitável uma vez que este procedimento permite obter um bom compromisso qualidade *versus* tempo útil disponível.

Do Gráfico 18 ao Gráfico 20 apresentam-se os audiogramas representativos do estado auditivo inicial de cada grupo relativamente à primeira fase deste estudo.

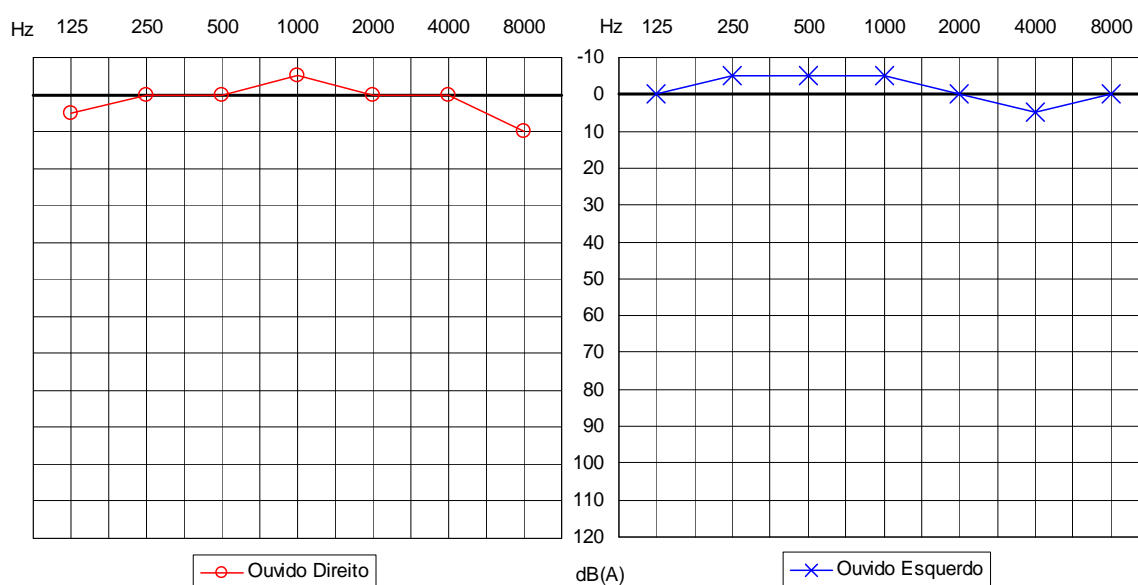


Gráfico 18 – Estado auditivo inicial do grupo G1

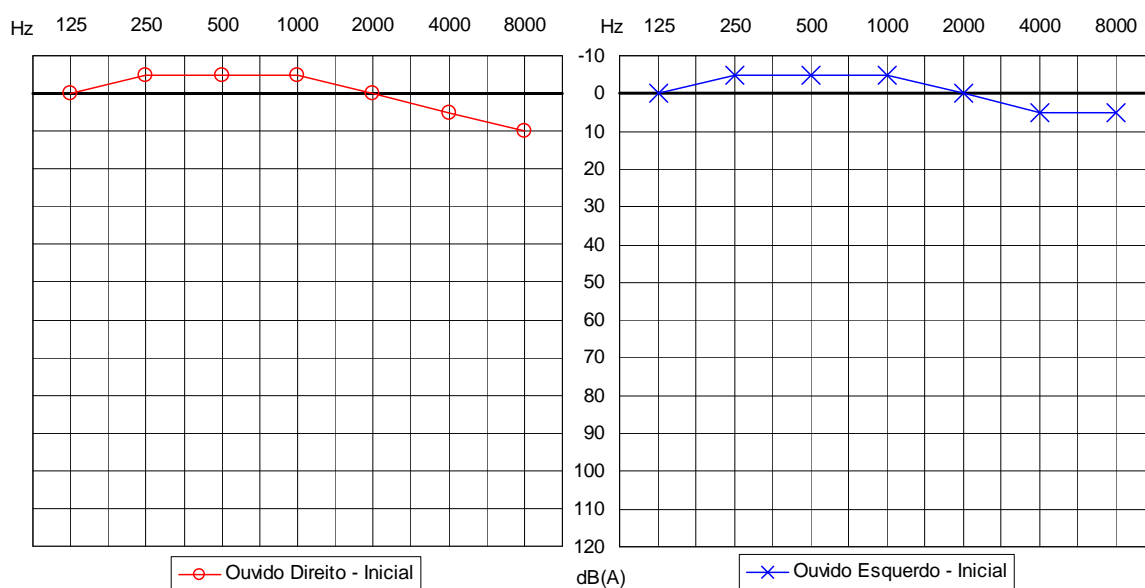


Gráfico 19 – Estado auditivo inicial do grupo G2

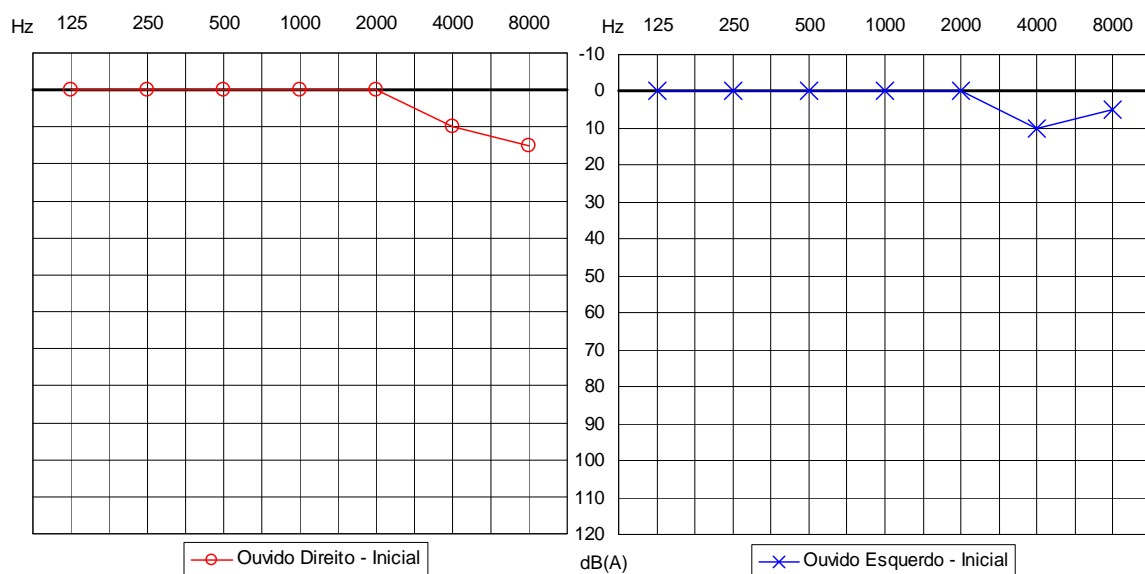


Gráfico 20 – Estado auditivo inicial do grupo G3

Como resultado da análise desta informação pode-se afirmar que os participantes deste estudo apresentam uma audição normal, com o grupo G3 revelando alguns indícios de alterações auditivas na zona das altas frequências. Estas alterações podem ser o resultado directo da sua constante exposição com o ruído excessivo característico da actividade profissional do grupo em causa.

Os resultados das avaliações audiométricas após exposição sonora de 45 minutos na cabine audiométrica, apontam para alterações de 5 a 10 dB(A) nos grupos expostos, sendo o grupo G3 o responsável pelos piores desempenhos auditivos registados. Nos Gráfico 21 e Gráfico 22 são visíveis as referidas alterações auditivas por grupo após exposição sonora.

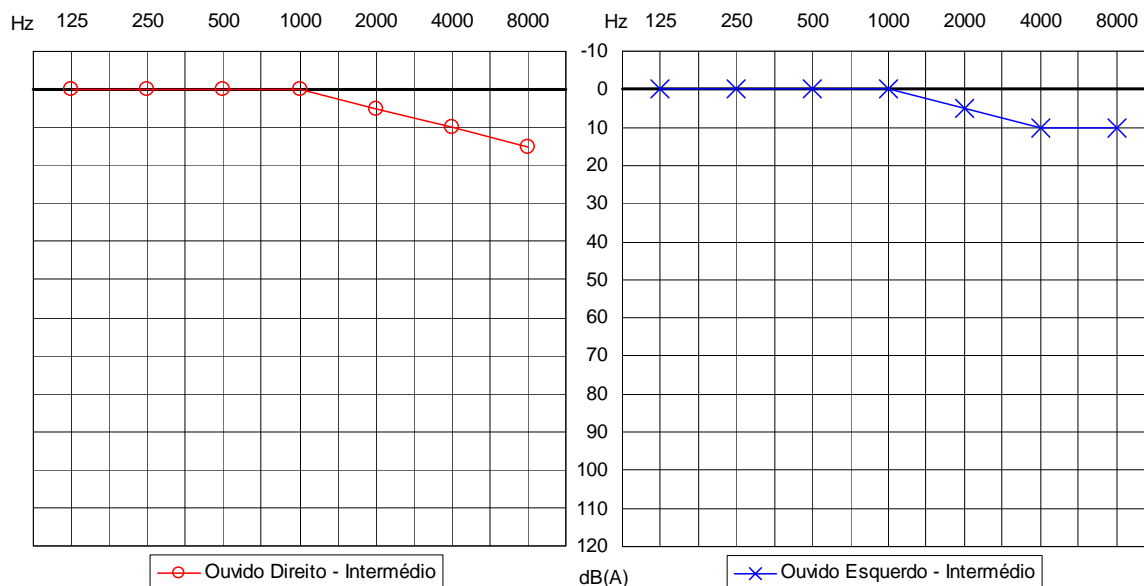


Gráfico 21 – Alteração auditiva do grupo G2

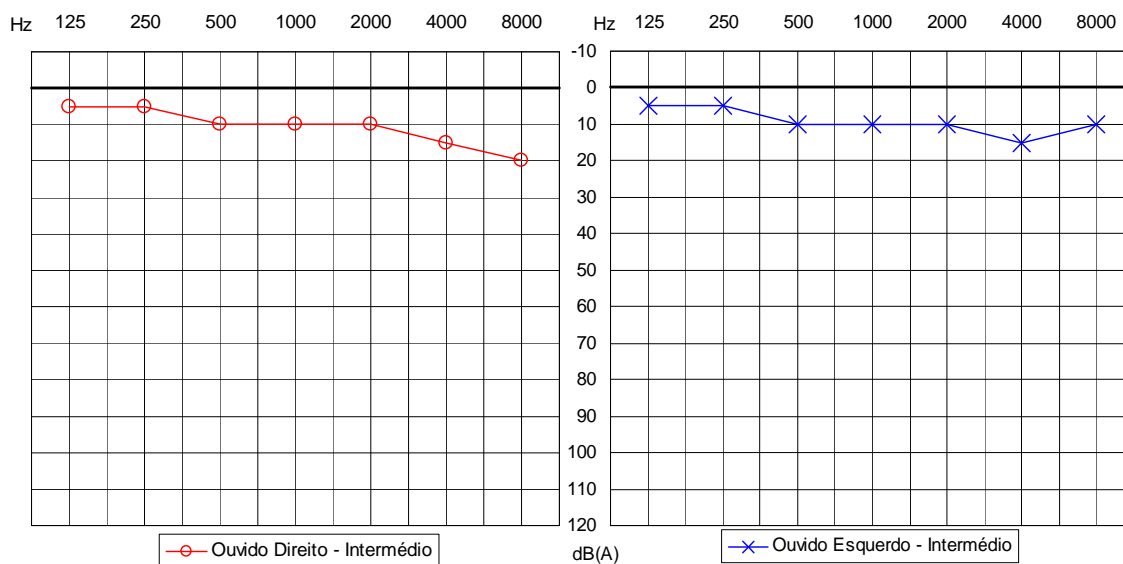


Gráfico 22 – Alteração auditiva do grupo G3

A avaliação audiométrica efectuada após o período de 24 horas, definido no sentido de permitir um período de repouso auditivo, indica que ocorreu um retorno às condições auditivas iniciais. Este facto pode ser constatado nos Gráfico 23 e Gráfico 24, através dos audiogramas representativos da recuperação auditiva após as 24 horas de repouso auditivo.

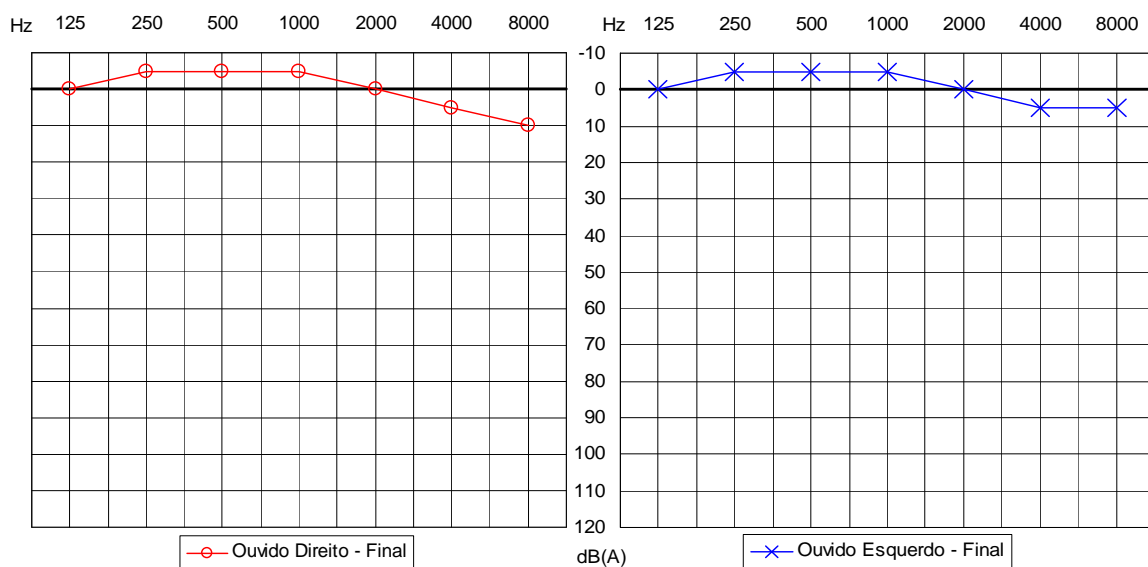


Gráfico 23 – Estado auditivo final do grupo G2

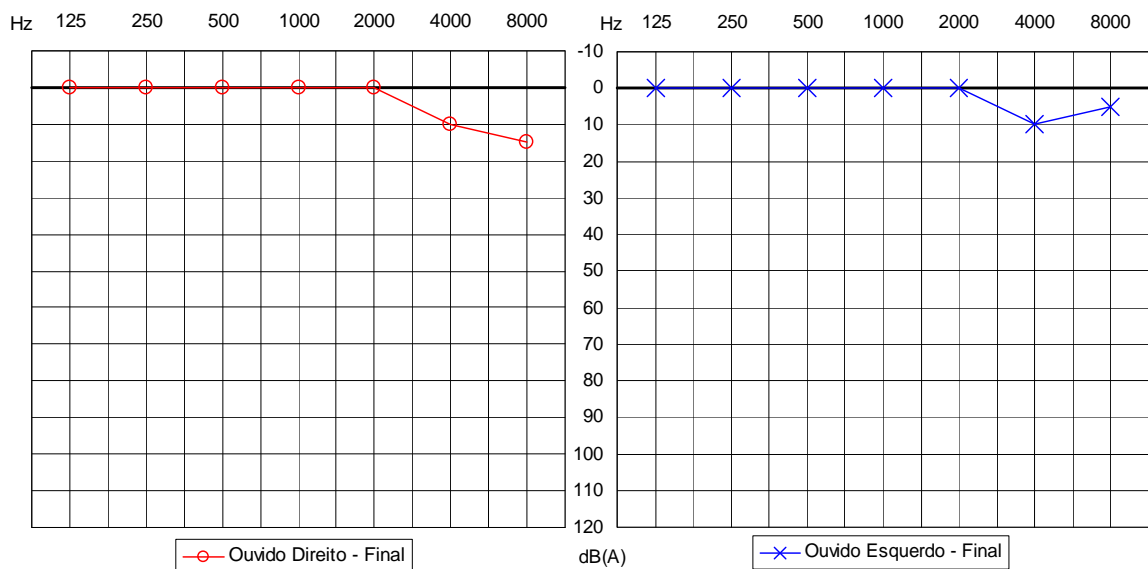


Gráfico 24 – Estado auditivo final do grupo G3

Consultando os audiogramas específicos de cada um dos participantes que se encontram nos Anexos I e J, assim como os resultados expressos nos Gráfico 25 e Gráfico 26, constata-se que em termos médios ambos os grupos retomam e superam os seus níveis auditivos iniciais, superação essa que se revê ligeiramente mais significativa para o grupo G2. É importante referir que estes resultados não devem ser interpretados como a obtenção de um estado de “melhor audição”, apresentando-se como principais razões para ocorrência deste fenómeno a melhoria no desempenho auditivo devido à familiarização com o procedimento de avaliação e a própria flutuação no critério subjectivo de audibilidade do participante ao longo das várias etapas de avaliação.

O facto de o grupo G3 apresentar uma superação do estado auditivo inicial ligeiramente inferior pode estar relacionado com um maior desgaste do sistema protector auditivo (reflexo estapediano) perante a constante utilização do mesmo no decorrer da actividade profissional do grupo em causa.

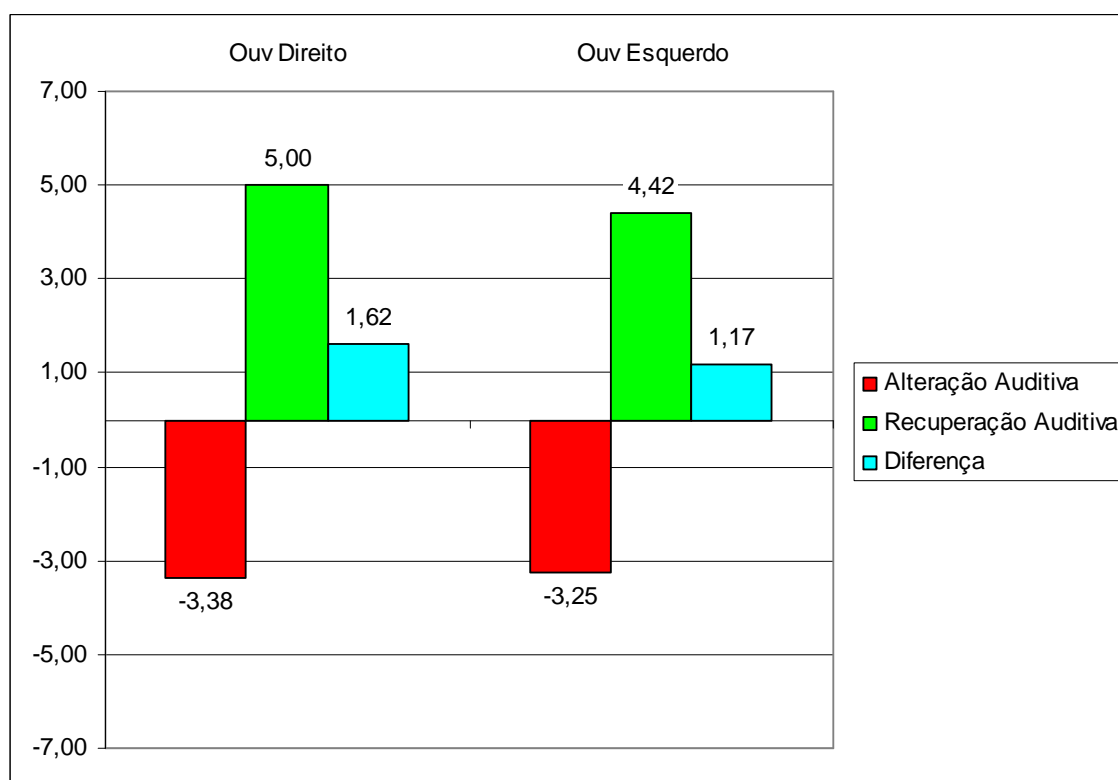


Gráfico 25 – Alterações auditivas médias do grupo G2

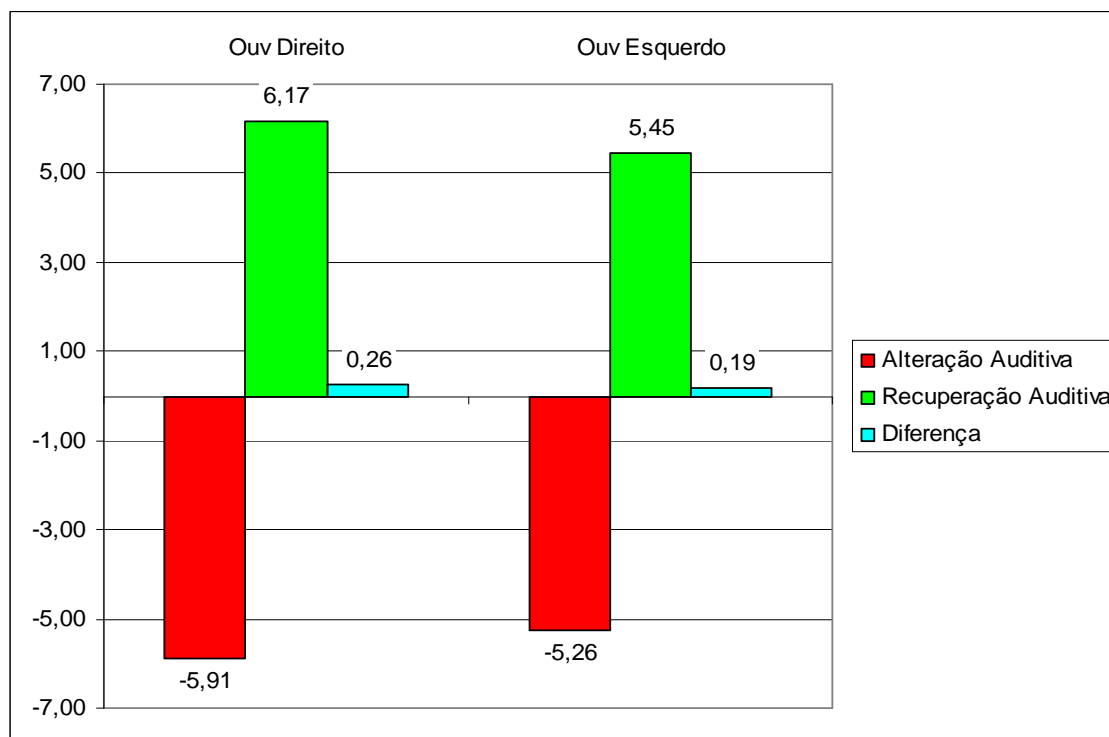


Gráfico 26 – Alterações auditivas médias do grupo G3

Relativamente à nocividade do ruído em termos auditivos importa referir que os resultados obtidos correspondem a uma exposição isolada de 3 horas de ruído típico de discoteca, e que os valores médios aqui apresentados para a recuperação à exposição são válidos para as condições em que se realizou o estudo. De facto, consultando os audiogramas nos Anexos I e J, é possível verificar que existem alguns casos onde mesmo após as 24 horas continua por ocorrer a total recuperação de uma ou outra frequência. Estes casos correspondem a situações onde se suspeita de comprometimento do período de descanso, alterações do estado de saúde (constipação, alergias entre outras) ou mesmo de situações relacionadas com susceptibilidade individual nomeadamente a necessidade de um maior tempo de recuperação.

É também importante ter em conta que para este estudo não são considerados factores extrínsecos como o álcool, o tabaco, a luz e o esforço físico dos quais poderão resultar efeitos sinérgicos nocivos com o ruído. Exposições desta natureza e com estas características quando realizadas a longo prazo e de uma forma continuada poderão prejudicar a audição. É ainda pertinente mencionar que embora possa ser difícil garantir um período de descanso auditivo, devido a questões relacionadas com a vontade própria do sujeito de se submeter a repetidas exposições deste tipo de ruído ou mesmo devido à omnipresença cada vez mais marcante do ruído no nosso

quotidiano, deve existir um esforço no sentido de procurar um repouso auditivo adequado, uma vez que este constitui um factor de grande importância na conservação do estado auditivo.

8.6 Exposição Simulada: Efeitos Extra-Auditivos

Tendo exposto os resultados relativos aos efeitos do ruído na audição resta apenas apresentar, analisar e discutir os resultados relativos aos efeitos extra-auditivos investigados. É nesta categoria que se incluem os testes cognitivos, nomeadamente o *Stroop Test* e o *Partial Report* cujos objectivos consistem respectivamente em verificar as alterações na capacidade de concentração e de memória consequentes da exposição a níveis excessivos de pressão sonora, e os testes efectuados com vista à obtenção de diagnósticos clínicos sobre o estado da pressão arterial, da frequência cardíaca e dos níveis de colesterol total não-basal.

Embora o principal interesse dos testes cognitivos se aplique aos grupos que são expostos ao ruído (G2 e G3), optou-se também por realizar estes testes ao grupo de controlo (G1), com o intuito de obter informação sobre um possível “estado cognitivo típico” para os testes realizados. Desta forma, no que diz respeito ao grupo G1, apresentam-se nos Gráfico 27 e Gráfico 28 os resultados relativos à eficiência e tempo de resposta do teste de *Stroop* respectivamente, e no Gráfico 29 os resultados relativos à eficiência do teste *Partial Report*.

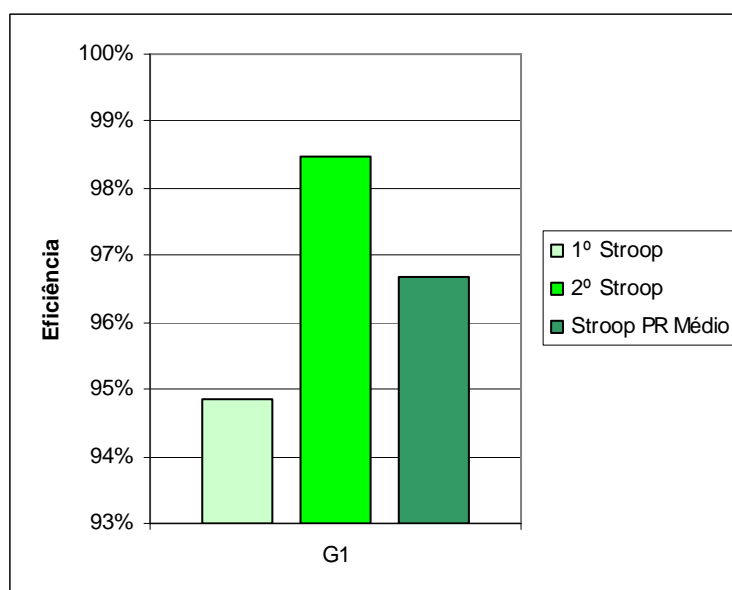


Gráfico 27 – Eficiência do grupo G1 no teste de *Stroop*

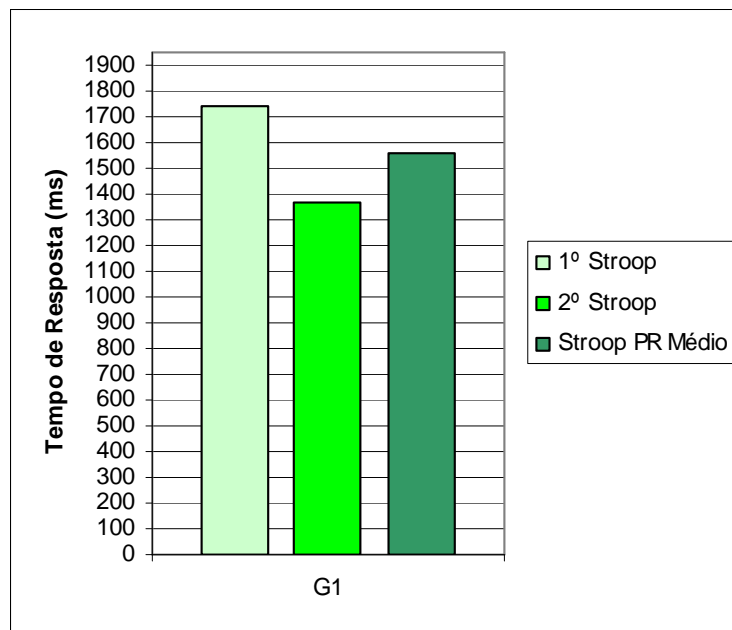


Gráfico 28 – Tempo de resposta (ms) do grupo G1 no teste de *Stroop*

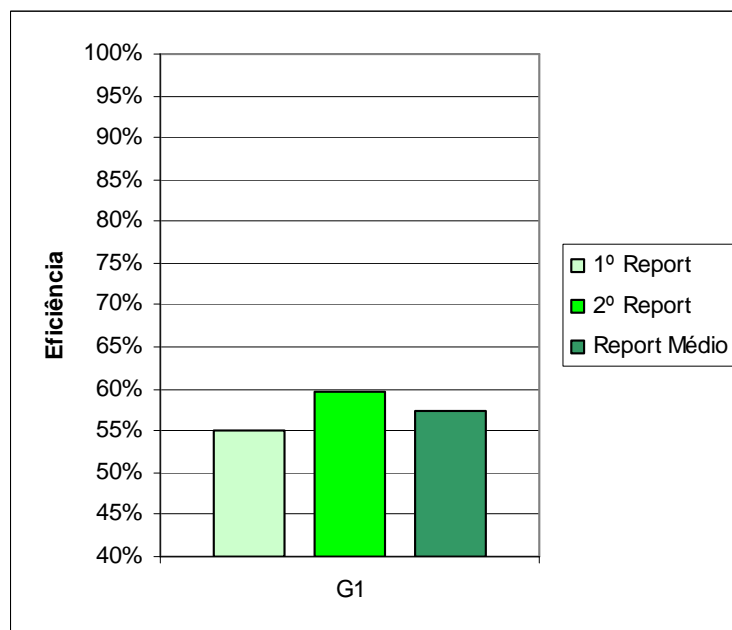


Gráfico 29 – Eficiência do grupo G1 no teste *Partial Report*

Os resultados obtidos para o grupo G1 revelam uma eficiência média de 96,7% e um tempo de resposta médio de 1.554 ms relativamente ao teste de *Stroop* e uma eficiência média de 57,5% no teste *Partial Report*.

No que diz respeito às análises efectuadas aos níveis de colesterol total não-basal, constata-se que cerca de 36,4% do grupo G1 apresenta valores superiores ao máximo admissível

de 190 mg/dl recomendado pela Sociedade Portuguesa de Aterosclerose e pela Sociedade Portuguesa de Cardiologia. Em termos médios, este grupo apresenta níveis de colesterol total não-basal na ordem dos 180 mg/dl, conforme se pode verificar no Gráfico 30.

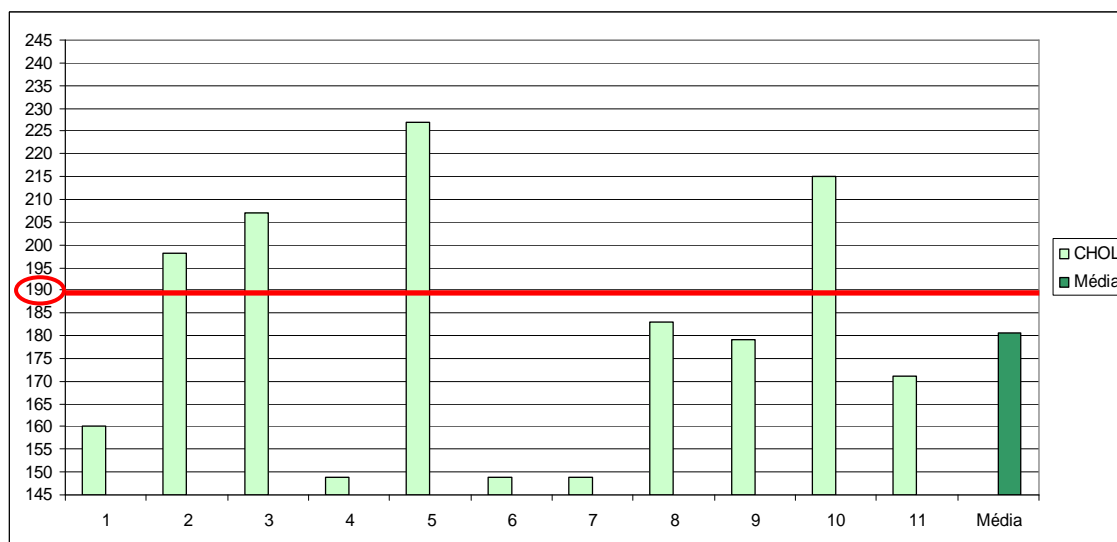


Gráfico 30 – Níveis de colesterol total não-basal detectados no grupo G1

Tendo como base estudos internacionais e de acordo com as orientações da Organização Mundial de Saúde consideram-se valores normais de pressão arterial aqueles que apresentem sistólica inferior a 140 mmHg e diastólica inferior a 90 mmHg, e valores ótimos de pressão arterial aqueles que apresentem sistólica inferior a 120 mmHg e diastólica inferior a 80 mmHg. São considerados valores anormais os que apresentem sistólica superior a 140 mmHg mesmo com valores de diastólica inferiores a 90 mmHg [Pfizer, 2008]. Relativamente à frequência cardíaca consideram-se como valores normais 60 a 100 batimentos por minuto e 40 a 60 batimentos por minuto no caso de atletas em boa forma física [Sá, R., 2002].

No que diz respeito aos parâmetros hemodinâmicos¹⁴ analisados e de acordo com os valores expressos na Tabela 16 pode-se afirmar que o grupo G1 apresenta valores ótimos de pressão arterial e de frequência cardíaca.

¹⁴ Hemodinâmica define-se como a disciplina que estuda os mecanismos da circulação sanguínea. Nos parâmetros hemodinâmicos incluem-se a frequência cardíaca, a pressão arterial e débito cardíaco.

Tabela 16 – Pressão arterial e frequência cardíaca (média e desvio padrão)

G1	Sistólica		Diastólica		Frequência Cardíaca	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
	11,6	0,8	7,2	1,2	70	11

Relativamente aos testes cognitivos efectuados ao grupo G2, apresentam-se nos Gráfico 31 e Gráfico 32 os resultados relativos à eficiência e tempo de resposta do teste de *Stroop* respectivamente, e no Gráfico 33 os resultados relativos à eficiência do teste *Partial Report*.

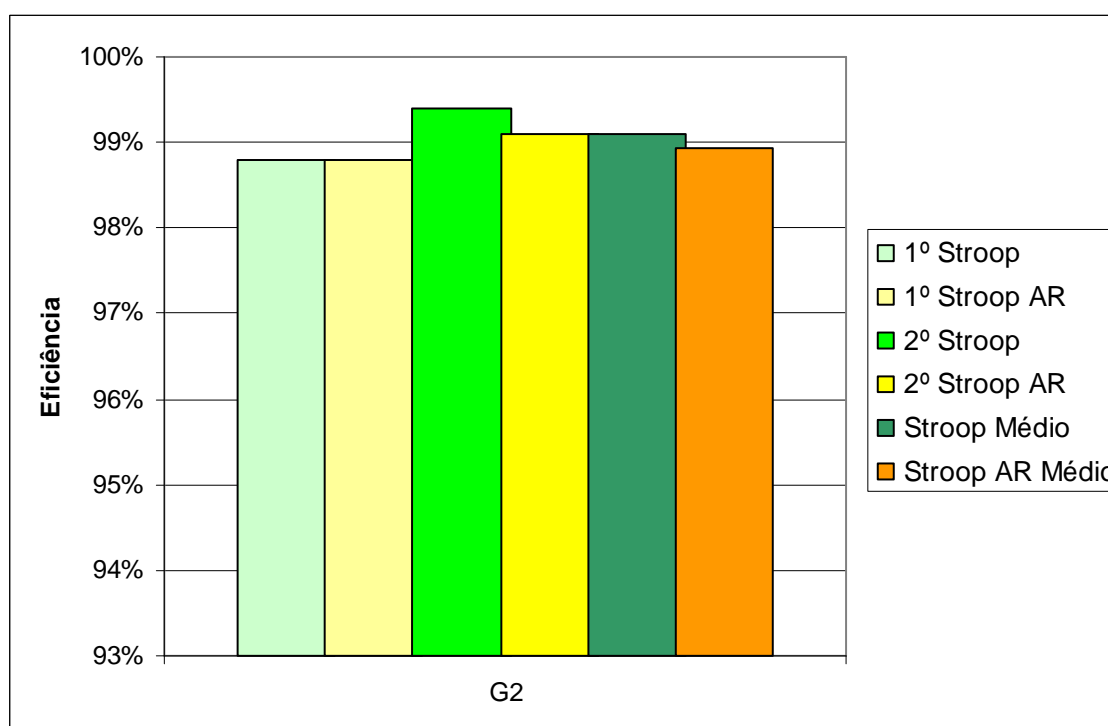


Gráfico 31 – Eficiência do grupo G2 no teste de *Stroop* antes e após exposição a ruído (AR)

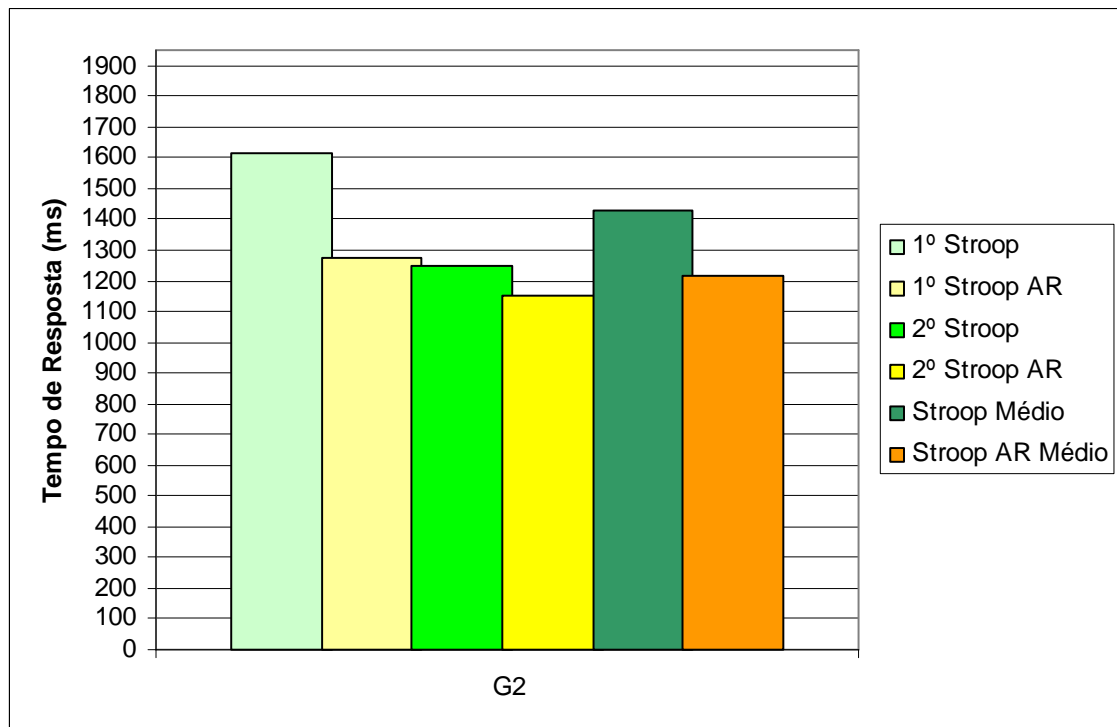


Gráfico 32 – Tempo de resposta (ms) do grupo G2 no teste de *Stroop* antes e após exposição a ruído (AR)

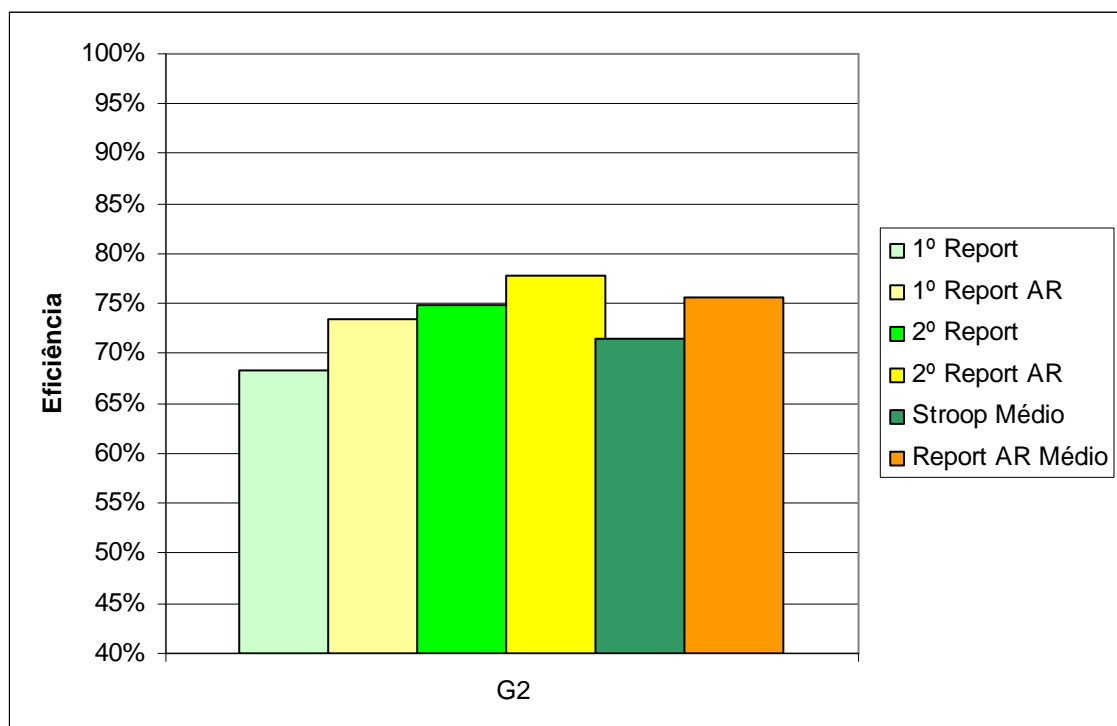


Gráfico 33 – Eficiência do grupo G2 no teste *Partial Report* antes e após exposição a ruído (AR)

As cores seleccionadas e a sua gradação possuem significados específicos, tendo sido escolhidos os tons verdes para os momentos correspondentes à fase inicial e os tons amarelados para os momentos correspondentes à fase após a exposição sonora. A gradação de cores indica a realização do primeiro, do segundo e da média de ambos os testes.

Os resultados obtidos para o grupo G2 revelam para o teste de *Stroop* uma eficiência média de 99,1% com um tempo de resposta médio de 1.431 ms e uma eficiência média de 98,9% com um tempo de resposta médio de 1.214 ms para a primeira e segunda fase respectivamente, e para o teste *Partial Report* uma eficiência média de 71,6% e de 75,7% para a primeira e segunda fase respectivamente. Com base nestes resultados pode-se afirmar que não são visíveis alterações significativas dos estados de concentração e de memória decorrentes da exposição sonora no grupo G2.

Quanto às análises efectuadas aos níveis de colesterol total não-basal, constata-se que nenhum elemento do grupo G2 apresenta valores superiores ao máximo admissível de 190 mg/dl no instante prévio à fase de exposição sonora. Em termos médios, este grupo apresenta níveis de colesterol total não-basal na ordem dos 165 mg/dl, conforme se pode verificar no Gráfico 34.

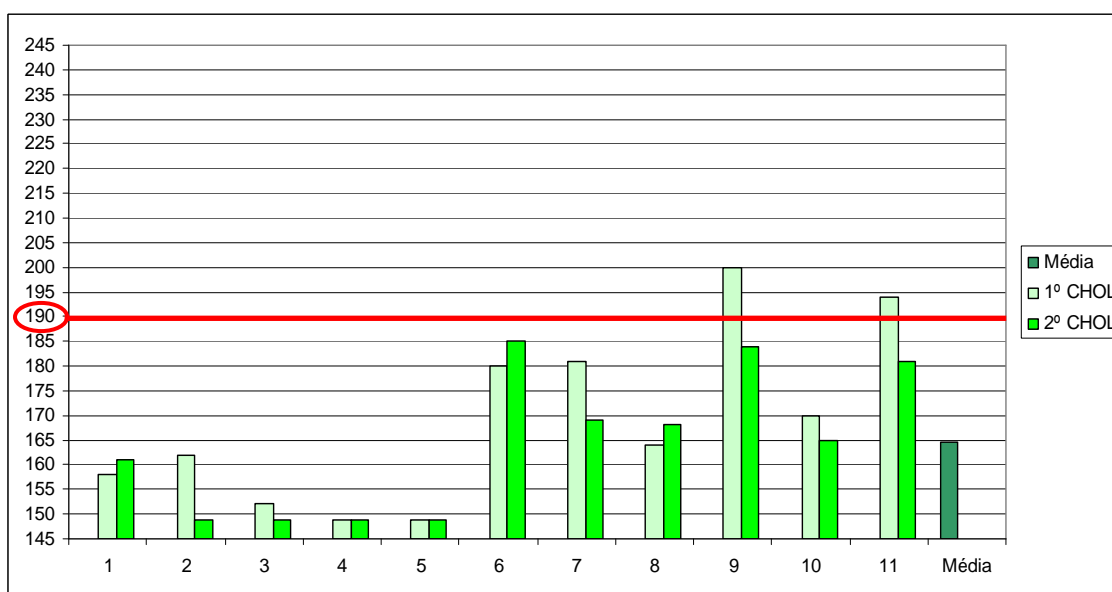


Gráfico 34 – Níveis de colesterol total não-basal detectados no grupo G2

No que diz respeito aos parâmetros hemodinâmicos analisados e de acordo com os valores expressos na Tabela 17 pode-se afirmar que o grupo G2 apresenta valores óptimos de pressão arterial e de frequência cardíaca.

Tabela 17 – Pressão arterial e frequência cardíaca (média e desvio padrão)

G2	Sistólica		Diastólica		Frequência Cardíaca	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
	11,4	0,8	6,9	0,6	66	8

Conforme foi referido na metodologia, após a exposição sonora efectuaram-se novas medições da pressão arterial e da frequência cardíaca. Os resultados destas medições foram analisados e as alterações médias detectadas encontram-se no Gráfico 35. Tendo em conta os valores expressos na Tabela 17 e as variações apresentadas no Gráfico 35, pode-se afirmar que em termos médios ocorreu uma diminuição da pressão sistólica e da frequência cardíaca, enquanto a pressão diastólica permaneceu sensivelmente inalterada. Desta forma, em termos médios, após a exposição sonora resulta um valor de pressão arterial de 111/69 mmHg e de frequência cardíaca de 63 pul/min.

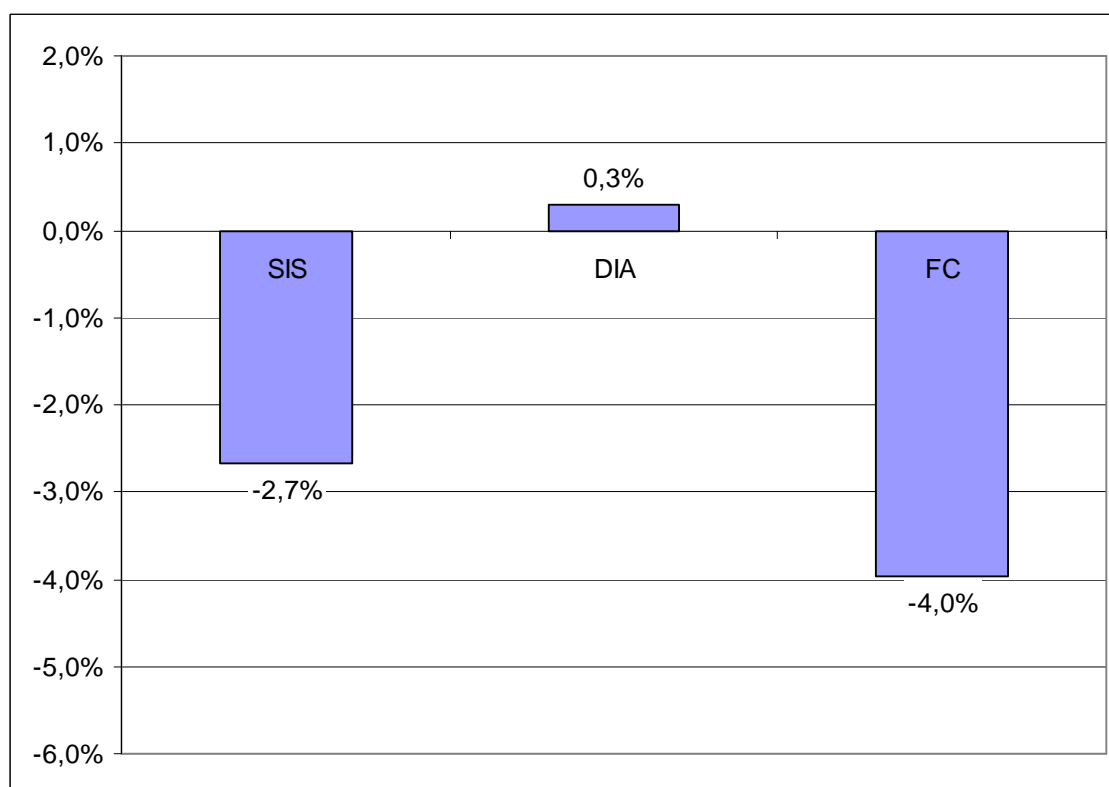


Gráfico 35 – Alterações da pressão arterial e frequência cardíaca no grupo G2

Quanto aos testes cognitivos efectuados ao grupo G3, apresentam-se nos Gráfico 36 e Gráfico 37 os resultados relativos à eficiência e tempo de resposta do teste de *Stroop* respectivamente, e no Gráfico 38 os resultados relativos à eficiência do teste *Partial Report*.

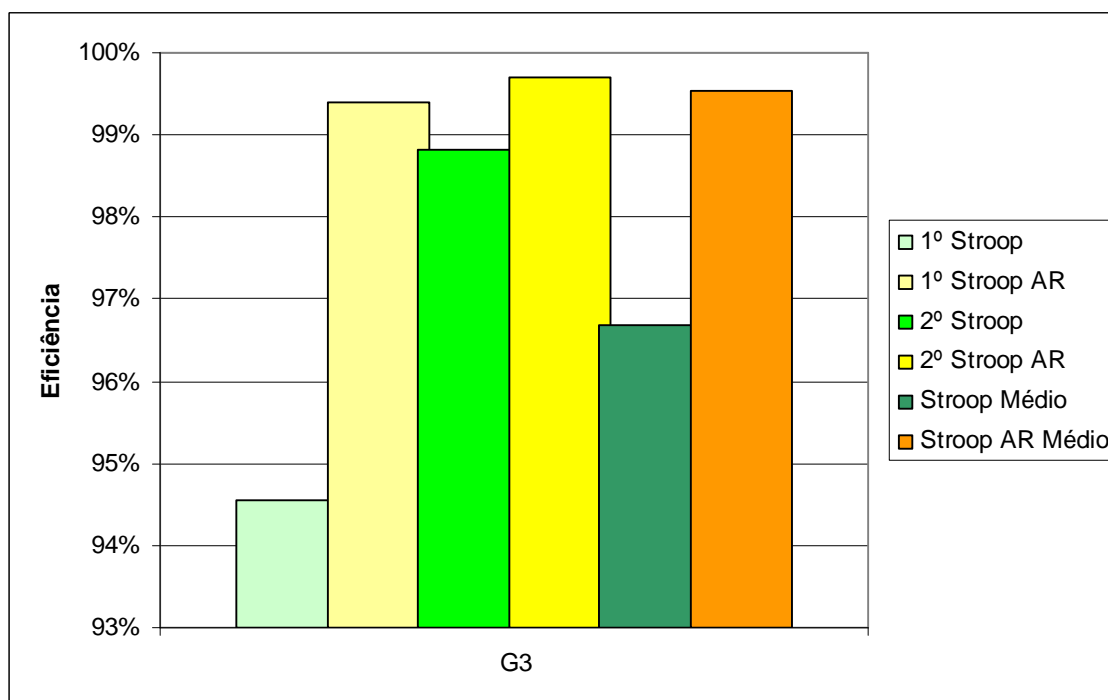


Gráfico 36 – Eficiência do grupo G3 no teste de *Stroop* antes e após exposição a ruído (AR)

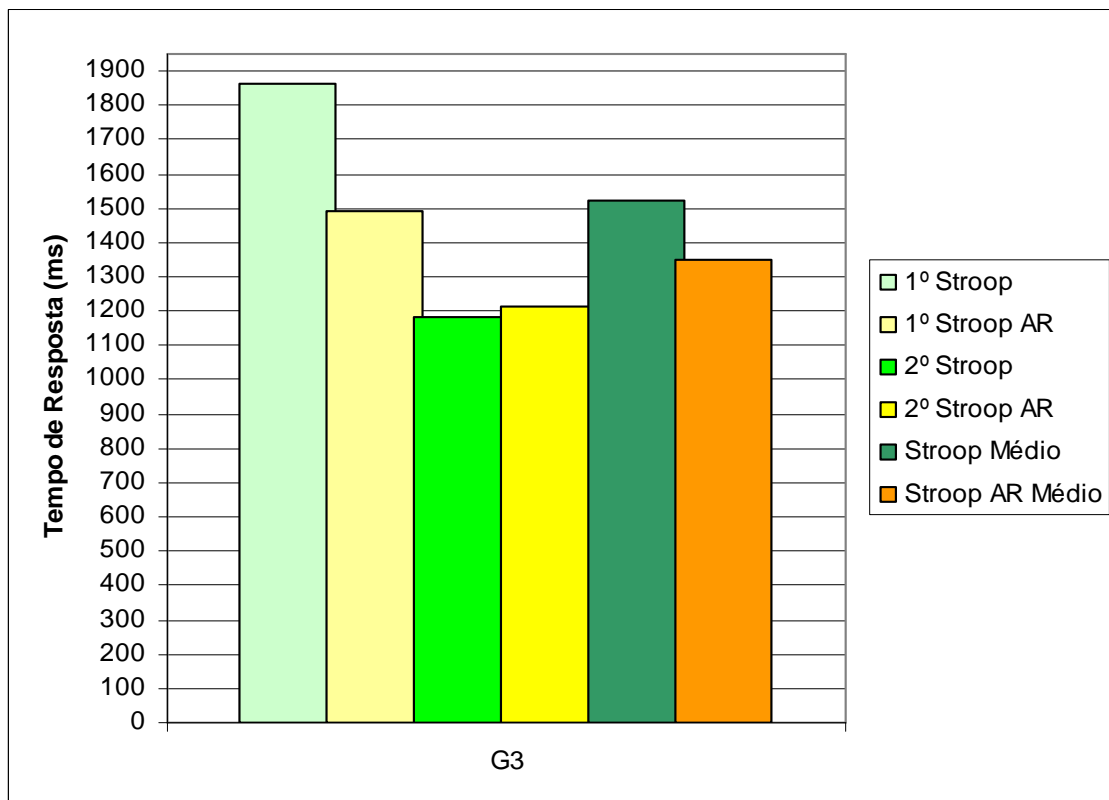


Gráfico 37 – Tempo de resposta (ms) do grupo G3 no teste de *Stroop* antes e após exposição a ruído (AR)

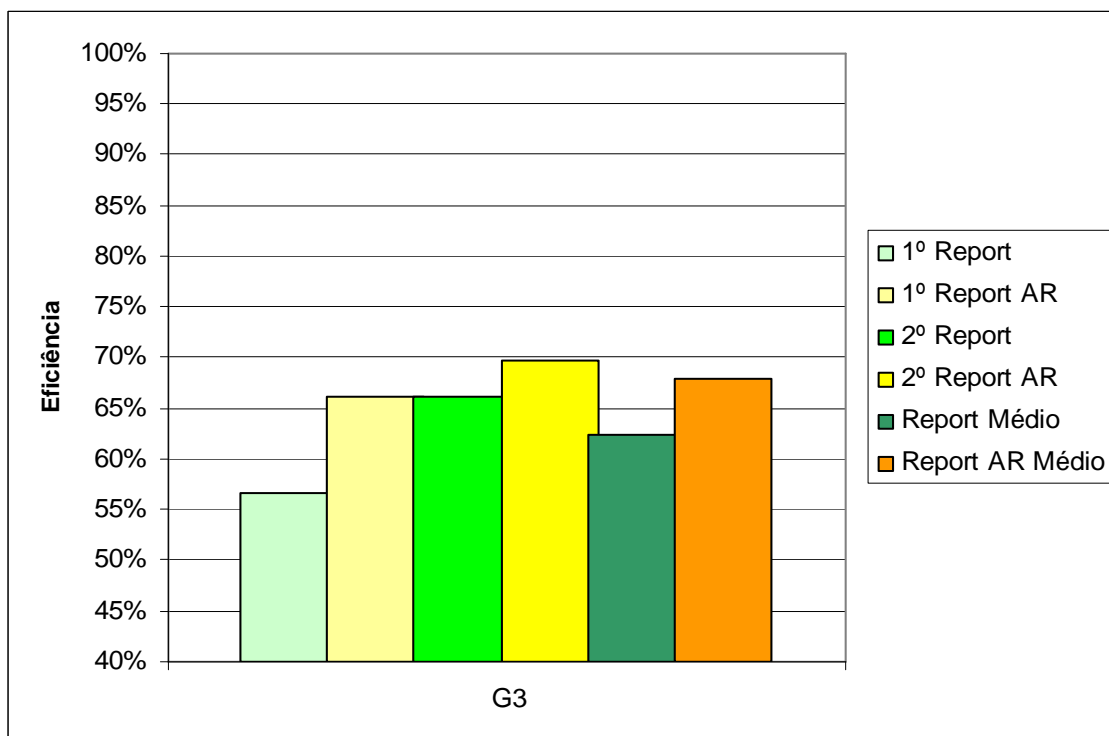


Gráfico 38 – Eficiência do grupo G3 no teste *Partial Report* antes e após exposição a ruído (AR)

Os resultados obtidos para o grupo G3 revelam para o teste de *Stroop* uma eficiência média de 96,7% com um tempo de resposta médio de 1.521 ms e uma eficiência média de 99,5% com um tempo de resposta médio de 1.351 ms para a primeira e segunda fase respectivamente, e para o teste *Partial Report* uma eficiência média de 62,3% e de 67,5% para a primeira e segunda fase respectivamente. Com base nestes resultados pode-se afirmar que não são visíveis alterações significativas dos estados de concentração e de memória decorrentes da exposição sonora no grupo G3.

Quanto às análises efectuadas aos níveis de colesterol total não-basal, constata-se que cerca de 36,4% do grupo G3 apresenta valores superiores ao máximo admissível de 190 mg/dl no momento prévio à fase de exposição sonora. Em termos médios, este grupo apresenta níveis de colesterol total não-basal na ordem dos 185 mg/dl, conforme se pode constatar no Gráfico 39.

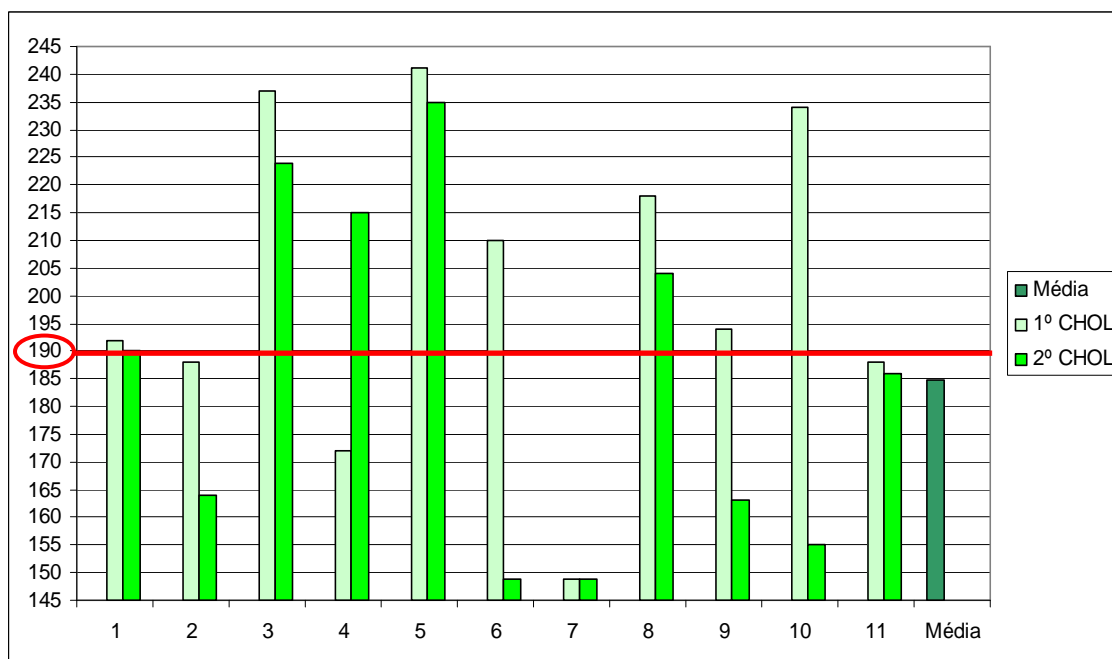


Gráfico 39 – Níveis de colesterol total não-basal detectados no grupo G3

Quanto aos parâmetros hemodinâmicos para o grupo G3 e de acordo com os valores expressos na Tabela 18 pode-se afirmar que este grupo apresenta valores óptimos de pressão arterial e de frequência cardíaca. Importa no entanto mencionar que o grupo G3 é o que apresenta os valores médios de pressão arterial, de frequência cardíaca e de colesterol total não-basal mais elevados, seguido do grupo G1 e por fim do grupo G2. É visível uma tendência para valores médios

de pressão arterial e de frequência cardíaca mais baixos perante níveis de colesterol total não-basal inferiores.

Tabela 18 – Pressão arterial e frequência cardíaca (média e desvio padrão)

G3	Sistólica		Diastólica		Frequência Cardíaca	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
	11,7	1,2	7,3	1,3	76	10,1

Os resultados das medições da pressão arterial e da frequência cardíaca após a exposição sonora foram analisados e as alterações médias detectadas encontram-se no Gráfico 40. Tendo em conta os valores expressos na Tabela 18 e as variações apresentadas no Gráfico 40, pode-se afirmar que em termos médios ocorreu uma diminuição da pressão diastólica e da frequência cardíaca, enquanto a pressão sistólica sofreu um aumento pouco significativo. Desta forma, em termos médios, após a exposição sonora resulta um valor de pressão arterial de 118/68 mmHg e de frequência cardíaca de 74 pul/min.

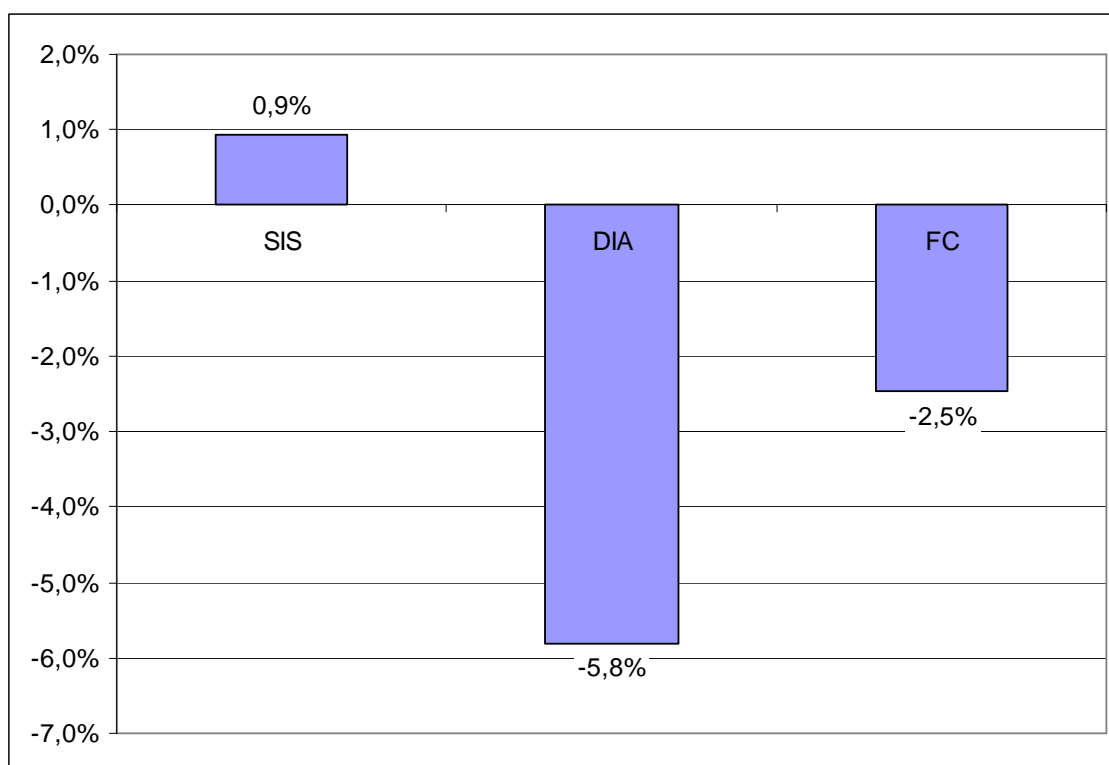


Gráfico 40 – Alterações da pressão arterial e frequência cardíaca no grupo G3

Relativamente à investigação dos efeitos extra-auditivos do ruído no corpo humano, isto é, dos efeitos do ruído na pressão arterial, na frequência cardíaca e na capacidade de concentração e de memória, e tendo como base os resultados obtidos, pode-se afirmar que não foi encontrada uma correlação entre os níveis de pressão sonora praticados e os efeitos espectáveis dos mesmos nos parâmetros analisados.

No entanto, importa esclarecer que alguns dos procedimentos definidos para as mencionadas avaliações revelaram-se no decorrer da experimentação desajustados da realidade imposta pelas condicionantes do estudo. Este é o caso da comparação de valores médios de pressão arterial e de frequência cardíaca do participante, com valores de pressão arterial e de frequência cardíaca após uma situação de repouso físico inerente à condicionante de 45 minutos de exposição sonora onde o participante se encontra sentado numa cadeira. Mesmo respeitando o tempo de repouso definido para a avaliação dos parâmetros hemodinâmicos analisados, o estado de relaxamento obtido não será equivalente ao resultante dos 45 minutos em que o sujeito não efectua qualquer esforço físico. Como alternativa ao procedimento efectuado poder-se-ia despendar um maior tempo para descanso antes das medições que definem os valores médios de pressão arterial e de frequência cardíaca. Esta alternativa não se revê como admissível perante os prazos definidos para o estudo em questão pelo que seria apenas viável caso o horizonte temporal do estudo fosse alargado. O procedimento adoptado para a avaliação da alteração dos parâmetros cognitivos também se inclui nesta crítica, uma vez este deveria contemplar a repetição dos testes até que ocorresse a estabilização dos resultados obtidos, perante a qual seria definido o patamar típico de cada participante, que seria então utilizado como termo de comparação para avaliar as referidas alterações decorrentes da exposição sonora efectuada. Embora este se reveja como um procedimento mais ajustado à realidade em causa, a sua exequibilidade requeria um horizonte temporal superior ao definido para a conclusão deste estudo.

9 Conclusões

As discotecas são normalmente entendidas, aos olhos de uma população tipicamente jovem, como locais onde é possível desfrutar de momentos de prazer e de convívio. A crescente sensibilização para com a problemática do ruído e a saúde tem promovido uma maior preocupação relativamente aos níveis de pressão sonora demasiado elevados que usualmente se praticam nestes locais. Neste contexto, este estudo pretende averiguar os efeitos do ruído de discoteca no corpo humano procurando desta forma estabelecer uma relação de causa efeito.

Esta dissertação e o trabalho experimental desenvolvido em torno da problemática dos efeitos no corpo humano decorrentes de exposição sonora a ruído típico de discoteca permitiram tirar várias conclusões, destacando-se as mencionadas de seguida.

A análise e caracterização dos níveis de pressão sonora registados em ambiente de discoteca (110 dB para o L_{Leq} e de 99 dB(A) para o L_{Aeq} relativos a 3 horas de medição), permite concluir que a exposição sonora ultrapassa os valores limites impostos pela legislação vigente, seja considerada a posição de cliente ou a posição de trabalhador. Este facto confere uma pertinência acrescida aos objectivos deste estudo que se centram na procura uma relação de causa efeito entre o ruído e a saúde.

Para atingir os objectivos propostos foi necessário escolher uma amostra populacional com uma dimensão e qualidade apropriada a um estudo desta natureza. Da análise efectuada à amostra, isto é, ao grupo de controlo (G1) e aos grupos que foram alvo de exposição sonora (G2 e G3) pode-se concluir que existe um grau de homogeneidade adequado ao âmbito do trabalho em causa, quer em termos de característica gerais do grupo, dadas pelos parâmetros de exposição a ruído não-ocupacional e a ruído ambiente, bem como pelo consumo de drogas (álcool, tabaco, ototóxicas), quer em termos de distribuição por sexo e idade. Relativamente aos parâmetros hemodinâmicos analisados pode-se concluir que a amostra apresenta níveis óptimos de pressão arterial e de frequência cardíaca. Verifica-se também uma tendência para valores médios de pressão arterial e de frequência cardíaca mais baixos perante níveis de colesterol total não-basal inferiores. Relativamente a este último parâmetro verifica-se que em termos médios 33,33% da totalidade da amostra apresenta valores superiores aos 190 mg/dl. Mediante as avaliações audiométricas verificou-se que todos os participantes deste estudo apresentam uma audição dentro

dos limites normais. O grupo G3 (constituído somente por DJ) revela alguns indícios de alterações auditivas na zona das altas frequências, que podem ser o resultado directo da constante exposição ao ruído excessivo característico da sua actividade profissional. Todas estas avaliações confirmam que em termos qualitativos a amostra é adequada, no entanto, o mesmo não se pode afirmar sobre a sua dimensão que se revê insuficiente para alcançar resultados fidedignos e conclusivos. As principais razões que ditaram a impossibilidade de recrutamento de um maior número de pessoas foram a duração e custos financeiros inerentes aos testes e exames clínicos efectuados, e o horizonte temporal definido para este estudo.

O trabalho de modelação acústica efectuado mediante o programa *Adobe Audition* permitiu realizar uma exposição sonora controlada, de acordo com os níveis de pressão sonora previamente definidos, tendo em conta o carácter intermitente típico do “ruído” de discoteca.

A exposição sonora na cabine audiométrica registou níveis de pressão sonora de 116 dB para o L_{Leq} e de 105 dB(A) para o L_{Aeq} relativos a um tempo de exposição de 45 minutos, da qual resultam alterações auditivas de 5 a 10 dB(A) sendo o grupo G3 o responsável pelos piores desempenhos auditivos registados.

Embora em termos médios ambos os grupos retomem e superem os seus níveis auditivos iniciais, esta superação é ligeiramente mais significativa no grupo G2. Esta melhoria no desempenho auditivo não deve ser interpretada como a obtenção de um estado de “melhor audição”, uma vez que a mesma se encontra relacionada com a familiarização com o procedimento de avaliação e com a própria flutuação no critério subjectivo de audibilidade do participante ao longo das várias etapas de avaliação. O menor desempenho do grupo G3 pode estar relacionado com um maior desgaste do sistema protector auditivo (reflexo estapediano) perante a constante utilização do mesmo no decorrer da sua actividade profissional.

Com este estudo conclui-se que exposições desta natureza e com estas características quando realizadas a longo prazo e de uma forma continuada poderão prejudicar a audição. Reforça-se também a pertinência de um período de repouso auditivo adequado, uma vez que este constitui um factor de grande importância na conservação do estado auditivo.

Relativamente à investigação dos efeitos extra-auditivos do ruído no corpo humano, e tendo como base os resultados obtidos, pode-se concluir que não foi encontrada uma correlação entre os níveis de pressão sonora praticados e os efeitos espectáveis dos mesmos nos parâmetros analisados. Conclui-se no entanto que mediante a alteração de determinados procedimentos, poder-se-iam ter alcançado resultados diferentes. Como alterações sugerem-se o aumento do tempo de

repouso definido para a avaliação dos parâmetros hemodinâmicos analisados, e a repetição dos testes cognitivos até alcançar a estabilização dos resultados, permitindo assim a definição de um patamar típico para cada participante, que seria então utilizado como termo de comparação para avaliar a existência de alterações cognitivas decorrentes da exposição sonora.

A questão relacionada com a problemática do ILFN e consequentemente com a VAD foi abordada neste estudo de uma forma mais superficial do que a inicialmente prevista devido a condicionantes económicas. Averiguaram-se possíveis sinais/sintomas relacionados com a mencionada doença no seio do grupo G3 apenas por via de análise qualitativa tendo como base o preenchimento de um inquérito. Da análise deste inquérito verifica-se que das onze pessoas inquiridas apenas três relataram “dores no peito” e duas relataram “dores lombares” e “fadiga extrema”. Importa ainda referir que a frequência relatada para estes sintomas, tendo em conta um horizonte temporal médio de 10 anos e meio de serviço enquanto DJ, varia de “raramente” a “pouco frequente” estando por norma os mesmos associados a períodos após exposições a ruído intenso e prolongado decorrentes da sua actividade profissional. É também pertinente mencionar que a grande maioria dos DJ referiu não estar exposta a níveis de pressão sonora tão elevados quanto os praticados na simulação de ruído de discoteca. A justificação do mesmo reside no facto de os DJ usualmente se encontrarem por detrás das colunas que estão direccionadas para os utilizadores da discoteca.

10 Recomendações para trabalhos futuros

Dando como terminado o presente estudo e considerando pertinente a partilha de certas dificuldades encontradas no percurso do mesmo, apresentam-se de seguida algumas recomendações para trabalhos futuros nesta área.

Sugere-se que estudos desta natureza sejam projectados para horizontes temporais mais alargados de forma a poder absorver uma maior quantidade de informação que se prevê essencial para a obtenção de resultados mais concisos. A nível dos inquéritos utilizados verificou-se alguma dificuldade na forma de preenchimento. Assim sendo, sugere-se que sejam efectuadas alterações que tornem o seu preenchimento mais simples e intuitivo, como por exemplo, a impressão no verso da folha de instruções mais específicas acompanhadas de uma demonstração de resposta.

Quanto à questão dos procedimentos efectuados no que diz respeito à averiguação de sinais/sintomas da VAD importa referir que existe uma série de testes diagnósticos não-invasivos como por exemplo, o ECG, os potenciais evocados, o teste de reabsorção de CO₂ (pCO₂), que deverão ser considerados caso os mesmos se adequem ao orçamento disponível.

No que diz respeito à legislação existente no âmbito da acústica ambiental, reforça-se a necessidade cada vez mais premente, devido à presença marcante do ruído no nosso quotidiano, de adopção de uma metodologia que vise normalizar a realização de medições de ruído no sentido de contabilizar o ILFN, realizando as mesmas com filtro de terços de oitava, sem ponderação (dBLin) e até ao limite inferior de frequência do equipamento disponível.

11 Bibliografia

[Kinsler, L., 2000] – Kinsler, L., et al.; *Fundamentals of Acoustics*; 4th edition; John Wiley & Sons, Inc. 2000; ISBN 0-471-84789-5

[Bartleby, 2007] – The American Heritage® Dictionary of the English Language; *Sound*; 4th edition; Houghton Mifflin Company, 2000; Consultado a 10 de Janeiro de 2008;
<http://www.bartleby.com/61/65/S0576500.html>

[Goeltzer, B., 2001] – Goeltzer, B., et al.; *Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control*; Dortmund: Federal Institute for Occupational Safety and Health, 2001; ISBN 3-89701-721-0

[Infopédia, 2008] – Infopédia; *Onda sinusoidal*; Porto Editora, 2003-2008; Consultado a 10 de Janeiro de 2008;
[http://www.infopedia.pt/\\$onda-sinusoidal](http://www.infopedia.pt/$onda-sinusoidal)

[CECM, 2003] – Center for Electronic and Computer Music, School of Music; *What is Amplitude*; Indiana University, 2003; Consultado a 11 de Janeiro de 2008;
<http://www.indiana.edu/~emusic/acoustics/amplitude.htm>

[Fonseca, N., 2007] – Fonseca, N.; *Introdução à Engenharia do Som*; FCA – Editora de Informática Lda, 2007; ISBN 978-972-722-555-2

[Beranek, L., 1992] – Beranek, L., et al.; *Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications*; John Wiley & Sons, Inc. 1992; ISBN 0-471-61751-2

[Branco, N., 2007] – Branco, N.A.A.C.; Alves-Pereira M.; *Vibroacoustic Disease: Biological Effects of Infrasound and Low-Frequency Noise Explained by Mechanotransduction Cellular Signalling*; Progress in Biophysics and Molecular Biology 93 (2007)

[Burguetti, F., 2003] – Burguetti, F. et al.; *Limiares de Audibilidade em Altas Frequências em Indivíduos com Queixa de Zumbido*; Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia; Volume 8; Número 4; Out/Dez 2004; Consultado a 14 de Janeiro de 2008; ISSN 1516-1528;

http://www.arquivosdeorl.org.br/conteudo/acervo_port_print.asp?id=292

[UAb, 2002] – Universidade Aberta; *O que é o Ruído?*; Unidade Didáctica 1, 2002; Consultado a 30 de Janeiro de 2008;

<http://www.univ-ab.pt/formacao/sehit/curso/ruído/uni1/ruído.html>

[US, 2006] – University of Salford; *Noise Analysis and Oct bands*; Introduction to Acoustics, 2006; Consultado a 20 de Fevereiro de 2008;

http://www.acoustics.salford.ac.uk/student_area/bsc1/intro_acoustics/Notes/Noise%20analysis%20notes.doc

[NPC, 2000] – Noise Pollution Clearinghouse; *Environmental Noise: The Invisible Pollutant*; Copyright © 2000 Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S; Consultado a 25 de Fevereiro de 2008;

<http://www.nonoise.org/library/envnoise/index.htm>

[LE, 2007] – Lindos Electronics; *Measurements in Detail*; Copyright © 1999-2007 Lindos Electronics; Consultado a 29 de Fevereiro de 2008;

<http://www.lindos.co.uk/cgi-bin/FlexiData.cgi?SOURCE=Articles&VIEW=full&id=2>

[Bies, D., 2003] – Bies D. A. et al.; *Engineering Noise Control: Theory and Practice*; 3th edition; Taylor & Francis, 2003; ISBN 0415267137

[IDAD, 2008] – Instituto do Ambiente e Desenvolvimento; Decreto Regulamentar n.º 9/92 de 28 de Abril; Consultado a 02 Março de 2008;

<http://www.idad.ua.pt/downloads/dr992-2804.pdf>

[Veggeberg, K., 2008] – Veggeberg, K.; *Octave Analysis Explored: a Tutorial*; Copyright © Gale Cengage Learning e Nelson Publishing, 2008; Consultado a 03 de Março de 2008;
<http://www.entrepreneur.com/tradejournals/article/print/183750337.html>

[NAP, 1996] – Working Group on Assessment of Community Response to High Energy Impulsive Sounds, Committee on Hearing, Bioacoustics, and Biomechanics; *Community Response to High-Energy Impulsive Sounds: An Assessment of the Field Since 1981*; The National Academies Press, 1996; Consultado a 03 de Abril de 2008;
<http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=NI000065&page=50>

[RGR, 2007] – Regulamento Geral do Ruído; *Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro* publicado em Diário da República n.º 12, Série I de 2007-01-17; Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa; Consultado a 03 de Abril de 2008;
<http://dre.pt/pdf1sdip/2007/01/01200/03890398.PDF>

[GR, 2008] – *Gestão do Ruído*; Consultado a 04 de Abril de 2008;
<http://gestaodoruido.no.sapo.pt/>

[AS, 2008]^a – Acoustical Surfaces Inc.; *Sound Absorption*; Copyright © 2008 Acoustical Surfaces Inc.; Consultado a 07 de Abril de 2008;
http://www.acousticalsurfaces.com/acoustic_IOI/101_7.htm

[AS, 2008]^b – Acoustical Surfaces Inc.; *Reflected Sound - Reverberation*; Copyright © 2008 Acoustical Surfaces Inc.; Consultado a 07 de Abril de 2008;
http://www.acousticalsurfaces.com/acoustic_IOI/101_6.htm

[ATSP, 2008] – Associação dos Técnicos de Som Profissional; *Câmaras Anecóicas*; Copyright © ATSP-Audio 2008; Consultado a 09 de Abril de 2008;
http://www.atsp-audio.org/tecnica_fotos.html

[Russell, D., 2008] – Russell, D.; *Superposition of Waves*; Copyright © 2008 Kettering University; Consultado a 09 de Abril de 2008;

<http://www.kettering.edu/~drussell/Demos/superposition/superposition.html>

[Nave, C., 2006]^a – Nave, C.; *Standing Waves*; Hyperphysics; Department of Physics and Astronomy from Georgia State University; Copyright © Nave C., 2006; Consultado a 10 de Abril de 2008;

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/waves/standw.html#c1>

[Nave, C., 2006]^b – Nave, C.; *Interference and Phase*; Hyperphysics; Department of Physics and Astronomy from Georgia State University; Copyright © Nave C., 2006; Consultado a 10 de Abril de 2008;

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/interf.html#c1>

[Nave, C., 2006]^c – Nave, C.; *Standing Waves*; Hyperphysics; Department of Physics and Astronomy from Georgia State University; Copyright © Nave C., 2006; Consultado a 10 de Abril de 2008;

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/Hbase/waves/standw.html>

[LI, 2008] – Liberty Instruments Inc., 2008; *"Close-3rd Order" Intermodulation Distortion Measurement*; Consultado a 11 de Abril de 2008;

<http://www.libinst.com/close3rd.htm>

[UptoDate, 2008] – UptoDate Inc.; *Normal Ear Anatomy*; Copyright © 2008 UptoDate ®; Consultado a 14 de Abril de 2008;

http://www.uptodate.com/online/content/image.do?imageKey=pedi_pix/normal58.htm

[CMT, 2007] – Chamber Music Today; *Stapedius Spasms: Mixed Boon/Bane*; 27 de Fevereiro de 2007; Consultado a de 14 de Abril 2008;

<http://chambermusictoday.blogspot.com/2007/02/stapedius-spasms-mixed-boon-bane.html>

[BC, 2008] – BrainConnection; *The Anatomy of Hearing*; Copyright © Posit Science's, 2008; Consultado a 15 de Abril de 2008;

<http://www.brainconnection.com/topics/?main=anat/auditory-anat>

[BSE, 1999]^a – Britannica Student Encyclopedia; *Bony Labyrinth*; Copyright © Encyclopedia Britannica Inc., 1999; Consultado a 15 de Abril de 2008;

<http://student.britannica.com/eb/art-532/The-two-labyrinths-of-the-inner-ear>

[Wikipedia, 2004] – Wikipedia; *Cochlea Cross Section*; Consultado a 17 de Abril de 2008;

<http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Cochlea-crosssection.png>

[BSE, 1997]^b – Britannica Student Encyclopedia; *Hearing: Basilar Membrane*; Copyright © Encyclopedia Britannica Inc., 1997; Consultado a 18 de Abril de 2008;

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/288499/inner-ear#default>

[Batts, S., 2007] – Batts, S.; *Basic Concepts: Hearing*; ScienceBlogs™, Inner Ear Biology, 2007; Consultado a 21 de Abril de 2008;

http://scienceblogs.com/retrospectacle/2007/02/basic_concepts_hearing_1.php

[Kalinec, F., 2005] – Kalinec, F.; *Section on Cell*; House Ear Institute, Advancing Hearing Science, Department of Cell and Molecular Biology; Copyright © 2005 House Ear Institute™; Consultado a 21 de Abril de 2008;

<http://www.hei.org/research/cmb/cellstru/cellstru.htm>

[Oghalai, J., 2004] – Oghalai, J.; *The Cochlear Amplifier: Augmentation of the Traveling Wave Within the Inner Ear*; National Institutes of Health Public Access; Copyright © 2005 PubMed Central; Consultado a 21 de Abril de 2008;

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1315292>

[Jensen, M., 2005] – Jensen, M.; *Effects of Sound Waves on Cochlea Structures*; Human Anatomy and Physiology, University of Minnesota, 2005; Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc.; Consultado a 22 de Abril de 2008;

http://msjensen.cehd.umn.edu/1135/Links/Animations/Flash/0019-swf_effect_of_soun.swf

[Somers, S., 2008] – Somers, S.; *The Mysterious Loudness Control: What Does It Do?*; Copyright © 2008 Extron Electronics; Consultado a 23 de Abril de 2008;

http://www.extron.com/company/article.aspx?id=loudnesscontrol_ts

[SP, 2008] – Sones and Phons Loudnesslevel; *SonesPhonsTable*; Consultado a 24 de Abril de 2008;

<http://www.sengpielaudio.com/calculatorSonephon.htm>

[Wikipedia, 2007] – Wikipedia; *Masker Increased Threshold*; Consultado a 24 de Abril de 2008;

http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Masker_increased_threshold.svg

[Silva, P., 1980] – Silva, P.; *Os Efeitos do Ruído no Homem*; Comissão Nacional do Ambiente; Lisboa, 1980

[Nave, C., 2006]^d – Nave, C.; *Timbre*; Hyperphysics; Department of Physics and Astronomy from Georgia State University; Copyright © Nave C., 2006; Consultado a 25 de Abril de 2008;

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/Hbase/sound/timbre.html>

[Werner, L., 2004] – Werner, L.; *Masking and Frequency Resolution*; Introduction to Hearing Science, Uniquely Washington Department, University of Washington, 2004; Consultado a 28 de Abril de 2008;

http://depts.washington.edu/sphsc461/freq_res/freq_res.pdf

[NMCPHC, 2007] – Navy and Marine Corps Public Health Center; *Hearing Conservation Toolbox*; 2007; Consultado a 29 de Abril de 2008;

<http://www-nehc.med.navy.mil/occmmed/HCToolbox.htm>

[ILS, 1987] – International Labour Standards; 1987, *Safety in the Working Environment: Chapter II. The working environment (air pollution, noise and vibration)*; Copyright © 2006 International Labour Organization (ILO); Consultado a de 29 de Abril 2008;

[http://www.ilo.org/ilolex/cgi-lex/pdconv.pl?host=status01&textbase=iloeng&document=149&chapter=25&query=\(%23docno%3D251987G*\)+%40ref&highlight=&querytype=bool&context=0.htm](http://www.ilo.org/ilolex/cgi-lex/pdconv.pl?host=status01&textbase=iloeng&document=149&chapter=25&query=(%23docno%3D251987G*)+%40ref&highlight=&querytype=bool&context=0.htm)

[Directive 2003/10/EC] – Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council of 6 February 2003; *Minimum Health and Safety Requirements Regarding the Exposure of Workers to the Risks Arising from Physical Agents (noise)*; EUR-Lex, 2008; Consultado a 13 de Maio de 2008;

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003L0010:EN:HTML>

[DL 182/2006] – *Decreto-Lei n.º 182/2006 de 6 de Setembro* publicado em Diário da República, Série I de 2006-09-06; Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social; Consultado a 20 de Maio de 2008;

<http://dre.pt/pdf1sdip/2006/09/17200/65846593.PDF>

[Shiel, W., 2006] – Shiel, W.; *Hearing Loss (Deafness)*; Copyright © 1996-2008 MedicineNet, Inc; Consultado a 20 de Maio de 2008;

<http://www.medicinenet.com/deafness/article.htm>

[MM, 2008] – Manual Merck; *Perda da Audição e Surdez*; Copyright © MM, Merck & Co., Inc.; Consultado a 20 de Maio de 2008;

<http://www.manualmerck.net/?url=/artigos/%3Fid%3D236>

[Fordice, J., 1993] – Fordice, J.; *Sudden Sensorineural Hearing Loss*; Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Baylor College of Medicine, 1993; Copyright © 2001-2008 Baylor College of Medicine; Consultado a 27 de Maio de 2008;

<http://www.bcm.edu/oto/grand/111893.html>

[Dobie, R., 1982] – Dobie, R.; *Hearing Conservation in Industry*; In *Occupational Disease – New Vistas for Medicine*. The Western Journal of Medicine, 1982; 137(6): 499–505

[Rosen, E., 2001] – Rosen, E.; *Noise Induced Hearing Loss*; Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, University of Texas Medical Branch; Copyright 2008 The University of Texas Medical Branch; Consultado a 28 de Maio de 2008; Copyright © 1996-2008 MediSpeciality.com;

<http://www.otohns.net/default.asp?id=13096>

[NP 1733] – Norma Portuguesa n.º 1733 de 1981; *Estimativa da Exposição ao Ruído Durante o Exercício de uma Actividade Profissional com Vista à Protecção da Audição*; Lisboa: Instituto Português da Qualidade, 1981.

[DWP, 2001] – The Department for Work and Pensions; *Tests of Ear Function*; Copyright © Crown 2002 - 2008; Consultado a 29 de Maio de 2008;

http://www.dwp.gov.uk/medical/med_conditions/major/hearing/tests_hearing.asp

[HL, 2005] – Hearing Tests; *The Audiogram*; Copyright © Hearing Life Hearing Centres 2005; Consultado a 29 de Maio de 2008;

<http://www.hearinglife.com.au/tests.cfm>

[Donovan, D., 2006] – Donovan, D., *et al.*; *Core Curriculum Syllabus: Audiology*; Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Baylor College of Medicine, 1993; Copyright © 2001-2008 Baylor College of Medicine; Consultado a 29 de Maio de 2008;

<http://www.bcm.edu/oto/studs/aud.html>

[HSC, 2004] – Health and Safety Commission; *Consultation Document 196 - Proposals for New Control of Noise at Work Regulations Implementing the Physical Agents (Noise) Directive (2003/10/EC)*; Copyright © Crown 2002 - 2008; Consultado a 02 de Junho de 2008;

<http://www.hse.gov.uk/consult/condocs/cd196.htm>

[eMedicine, 2006] – eMedicine; *Inner Ear, Tinnitus*; Copyright © 1996-2008 by WebMD; Consultado a 06 de Junho de 2008;

<http://www.emedicine.com/ent/TOPIC235.HTM>

[NLM, 2008] – National Library of Medicine; *Tinnitus*; Copyright © U.S. National Library of Medicine, 2008; Consultado a 09 de Junho de 2008;

http://www.nlm.nih.gov/cgi/mesh/2008/MB_cgi?mode=&index=13462&view=expanded

[Passchier-Vermeer, W., 2000] – Passchier-Vermeer, W. et al.; *Noise Exposure and Public Health*; Environmental Health Perspectives Supplements; Volume 108; Número 1; Março 2000; pp. 123-131; Consultado a 10 de Junho de 2008;

<http://www.ehponline.org/members/2000/suppl-1/123-131passchier-vermeer/passchier-vermeer-full.html#nois>.

[Chung, J., 2004] – Chung, J., et al.; *Evaluation of Noise Induced Hearing Loss in Young People Using a Web-Based Survey Technique*; Pediatrics, 2005; 115(4):861-867; Copyright © 2005 by the American Academy of Pediatrics; ISSN 0031 4005; doi:10.1542

[Pyykkö, I., 2007] – Pyykkö, I., et al.; *Individual Susceptibility to Noise-Induced Hearing Loss*; Audiological Medicine; 5:1, 41-53; doi: 10.1080/16513860601175998;

<http://www.informaworld.com/smpp/content~db=all?content=10.1080/16513860601175998>

[Strasser, H., 2002] – Strasser, H., et al.; *Physiological Costs of the Hearing Due to Noise Exposure, Additional Physical Stress, and Combined Exposure to Alcohol and Cigarette Smoke*; Human Factors and Ergonomics in Manufacturing; Volume 12; (3) 279–296 (2002); Copyright © 2002 Wiley Periodicals, Inc.; doi: 10.1002/hfm.10019

[Pouryaghoub, G., 2006] – Pouryaghoub, G., et al.; *Interaction of Smoking and Occupational Noise Exposure on Hearing Loss: a Cross-Sectional Study*; Department of Occupational Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran; Copyright © 2007 Pouryaghoub et al.; doi:10.1186/1471-2458-7-137;

<http://www.biomedcentral.com/1471-2458/7/137>

[Rylander, R., 2004] – Rylander, R.; *Physiological aspects of noise-induced stress and annoyance*; Department of Environmental Medicine, Go'teborg University, Sweden; Journal of Sound and Vibration; Número 277; 471–478; Copyright © 2004 Elsevier Ltd.; doi:10.1016/j.jsv.2004.03.008

[Smith, A., 1999] – Smith, A., et al.; *Non-auditory Effects of Noise at Work: A Review of the Literature*; HSE Contract Research Report; Número 30; Copyright © Crown 1999;

[MacArthur, J., 2004] – MacArthur, J.; *The Human Brain, Stress and Memory: Cortisol and the Degenerative Cascade*; The Franklin Institute, Resources for Science Learning; Consultado a 11 de Junho de 2008; Copyright © 2004 - The Franklin Institute Online;
<http://www.fi.edu/learn/brain/stress.html#stressmemory>

[Castle, J., 2007] – Castle, J., et al.; *Environmental Noise Alters Gastric Myoelectrical Activity: Effect of Age*; World Journal Gastroenterol 2007; 13(3): 403-407; Copyright © 2007 The WJG Press; ISSN 1007-9327;
<http://www.wjgnet.com/1007-9327/13/403.asp>

[Berglund, B., 1995] – Berglund, B., et al.; *Community Noise*; Archives of the Center for Sensory Research; Stockholm, 1995, 2(1), 1-195.; ISBN 91-887-8402-9

[Goldstein, D., 2000] – Goldstein, D.; *The Autonomic Nervous System in Health and Disease*; Informa Health Care, 2000; ISBN 0824704088

[MP, 2008]^a – Médicos de Portugal; *Nervo Pneumogástrico*; Copyright © 2005 - 2008 Médicos de Portugal; Consultado a 12 de Junho de 2008;
http://medicosdeportugal.saude.sapo.pt/action/10/glo_id/8068/menu/2/

[Muzet, A., 2007] – Muzet, A.; *Environmental Noise, Sleep and Health*; Sleep Medicine Reviews, 2007; Número 11; pp. 135-142; Copyright © 2007 Elsevier Ltd.; doi:10.1016/j.smrv.2006.09.001

[Golz, A., 2007] – Golz, A.; *The Effects of Noise on the Vestibular System*; American Journal of Otolaryngology, 2001; Volume 22; Número 3; pp 190-196; Copyright © 2001 W.B. Saunders Company; doi:10.1053

[MP, 2008]^b – Médicos de Portugal; *Nistagmo*; Copyright © 2005 - 2008 Médicos de Portugal; Consultado a 13 de Junho de 2008;

http://medicosdeportugal.saude.sapo.pt/action/10/glo_id/8381/?menu=2

[Medifocus, 2008] – Medifocus; *Meniere's Disease*; Copyright © 1996-2008, Medifocus.com, Inc.;

<http://www.menieres-guidebook.com/menieres-disease-guidebook.php>

[Guggal, K., 2007] – Guggal, K.; *Elements of Environmental Engineering*; S. Chand, 2007; ISBN:8121915473

[Kimball, J., 2004] – Kimball, J.; *Cell Signaling*; Copyright ©2008 John W. Kimball; Consultado a 16 de Junho de 2008;

<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/C/CellSignaling.html>

[Ramar, P., 2008] – Ramar, P.; *Tensegrity*; Copyright © 2008 Department of Engineering at the University of Cambridge; Consultado a 27 de Junho de 2008;

<http://www2.eng.cam.ac.uk/~rp317/image/tenw.jpg>

[Leftwich, J., 2000] – Leftwich, J.; *Tensegrity Sphere*; Copyright © 2000 Jim Leftwich; Consultado a 30 de Junho de 2008;

http://www.well.com/user/jleft/graphix/Tensegrity_Sphere.jpg

[GCI, 2004] – Gray Cancer Institute; *The Endothelial Cell Cytoskeleton as a Therapeutic Target*; Copyright © Gray Laboratory Cancer Research Trust 2002; Consultado a 01 de Julho de 2008;

http://www.graylab.ac.uk/research/groups/tumour_microcirculation/index.htm

[ATN, 2008] – Ask The Neurologist.Com; *Primitive Reflexes & Frontal Release Signs*; Consultado a 02 de Julho de 2008;

<http://www.asktheneurologist.com/primitive-reflexes.html>

[BSE, 1997]^c – Britannica Student Encyclopedia; *Noise*; Copyright © Encyclopedia Britannica Inc., 2008; Consultado a 03 de Julho de 2008;

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/417178/noise#ref=ref51529>

[Fender®, 2008] – Fender®.com; *Passport Deluxe PD 250*; Copyright © Fender Musical Instruments Corporation; Consultado a 04 de Julho de 2008;

<http://www.fender.com/products/search.php?partno=0692001003>

[EM, 2008] – Escuela de Medicina; *Taller de Otoscopia*; Copyright © 2008 Pontificia Universidad Católica de Chile; Consultado a 09 de Julho de 2008;

<http://escuela.med.puc.cl/publ/Otoscopia/OtoscopiaNormal2.html>

[Pfizer, 2008] – Pfizer; *Hipertensão Arterial*; Copyright © 2002 Laboratórios Pfizer Ltda.; Consultado a 29 de Julho de 2008;

http://pfizer.pt/saude/cardio_consensus.php#5

[Sá, R., 2002] – Sá, R.; *Abordagem Diagnóstica Das Arritmias Cardíacas À Beira Do Leito: Até Onde Podemos Chegar?*; Instituto Nacional de Cardiologia, Brasil; Editorial Laranjeiras, Vol.1, nº 1, Dezembro 2002; Copyright © Instituto Nacional de Cardiologia - 2008; Consultado a 07 de Agosto de 2008;

http://www.incl.rj.saude.gov.br/incl/rev_1/abordagem.asp

[ISO 8253, 1989] – ISO 8253 *Audiometric Test Methods – Part 1: Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry* (1989)

[ISO 6189, 1983] – ISO 6189 *Acoustics – Pure tone air conduction threshold audiometry for hearing conservation purposes* (1983)

12 Anexos

A. Termo de Consentimento Informado (G1)

Esclarecimento genérico

O presente estudo, de carácter académico e com vista à obtenção do grau de mestre, pretende averiguar os efeitos no corpo humano de níveis excessivos de ruído semelhantes aos praticados em ambiente de discoteca, procurando desta forma clarificar a relação de causa-efeito entre o ruído e a saúde.

Para atingir o objectivo proposto foram efectuadas e registadas medições dos níveis de pressão sonora numa discoteca, de forma a caracterizar em amplitude e frequência o tipo de ruído. Com base neste registo foi simulada uma exposição em ambiente laboratorial controlado (isento de outras condicionantes como a luz, o tabaco e o álcool), à qual serão submetidos todos os grupos de participantes, exceptuando o grupo de controlo no qual se insere.

Serão realizados uma série de inquéritos no sentido de averiguar a existência de anteriores situações de exposição a ruído, o historial clínico do sujeito, a influência de substâncias ototóxicas e de potenciais hábitos comprometedores do estado auditivo do sujeito.

No que diz respeito aos testes e exames clínicos com vista à qualificação e quantificação dos efeitos do ruído no corpo humano, serão efectuadas observações do ouvido externo no sentido de excluir possíveis obstruções do canal auditivo e casos de otites, medições da frequência cardíaca e tensão arterial, medições dos níveis de colesterol total e serão realizados audiogramas de condução aérea e óssea conforme os casos. Serão ainda efectuados testes relativos à componente cognitiva mediante o estudo da concentração mental e da capacidade de memória de cada sujeito.

Riscos e Benefícios

Este estudo compreende situação de risco nulo e situações de risco mínimo. As situações de risco nulo compreendem a realização de testes relativos ao estudo da concentração mental e capacidade de memória, e de inquéritos não invasivos no que diz respeito à privacidade do sujeito.

As situações de risco mínimo compreendem exames de diagnóstico físicos ou psicológicos, nos quais se inserem a observação do canal auditivo externo, os audiogramas e a determinação dos níveis de colesterol total, da tensão arterial e de frequência cardíaca, assim como a realização de inquéritos com vista à obtenção de informação considerada pertinente para avaliar o estado clínico do sujeito.

As pesquisas efectuadas por via deste estudo não trarão benefício directo para o sujeito, exceptuando o conhecimento do seu estado actual de saúde no que diz respeito aos parâmetros analisados, bem como o enriquecimento pessoal que este poderá retirar desta experiência. Estas pesquisas trarão no entanto mais-valias no que toca ao aprimoramento do conhecimento da relação de casualidade entre níveis de pressão sonora lineares e os seus efeitos na saúde humana.

A pesquisa será suspensa caso se percepcione algum risco ou dano para a saúde do sujeito participante do estudo, consequente do mesmo e não previsto neste termo de consentimento, sendo sempre garantida assistência integral das complicações e danos decorrentes dos riscos previstos. No caso de ocorrência de dano, clinicamente comprovado como decorrente do estudo, previsto ou não neste termo de consentimento, o sujeito terá também direito a uma indemnização.

O sujeito é livre de retirar o seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar no estudo, sem que isto traga prejuízo à continuação do seu cuidado e/ou tratamento.

Decurso do trabalho

O estudo terá início a meados de Junho e termo no início de Setembro. Não é possível restringir com maior precisão o intervalo do estudo, uma vez que este está dependente da disponibilidade individual de cada um dos participantes.

Este estudo terá lugar no Centro Auditivo Widex, situado na Av. Heróis de Angola n.º 95 1º Dto., Leiria, local este dotado de infra-estruturas e equipamento capaz de responder às necessidades inerentes a um estudo desta natureza.

O anonimato do sujeito será mantido em toda e qualquer circunstância, encontrando-se no entanto todas as informações obtidas no âmbito deste estudo isentas de qualquer restrição no que diz respeito à sua divulgação pública.

Não existem formas de indemnização das despesas decorrentes da participação na pesquisa, uma vez que estas não existem ou são consideradas nulas.

Declaração de consentimento

Na qualidade de investigador, afirmo que este estudo não é desnecessariamente duplicativo e tem mérito científico, e que a equipa que nele participa é competente para executar os procedimentos descritos neste termo de consentimento.

Nome Completo: _____

Assinatura: _____

Local e data: _____, ____/____/____

Na qualidade de participante aceito de livre vontade os termos nos quais se realiza este estudo. Estou consciente dos meus direitos e deveres, bem como dos riscos e benefícios associados ao estudo.

Nome Completo: _____

Assinatura: _____

Local e data: _____, ____/____/____

B. Termo de Consentimento Informado (G2 e G3)

Esclarecimento genérico

O presente estudo, de carácter académico e com vista à obtenção do grau de mestre, pretende averiguar os efeitos no corpo humano de níveis excessivos de ruído semelhantes aos praticados em ambiente de discoteca, procurando desta forma clarificar a relação de causa-efeito entre o ruído e a saúde.

Para atingir o objectivo proposto foram efectuadas e registadas medições dos níveis de pressão sonora numa discoteca, de forma a caracterizar em amplitude e frequência o tipo de ruído. Com base neste registo foi simulada uma exposição em ambiente laboratorial controlado (isento de outras condicionantes como a luz, o tabaco e o álcool), à qual cada um dos participantes deste estudo será submetido.

Serão realizados uma série de inquéritos no sentido de averiguar a existência de anteriores situações de exposição a ruído, o historial clínico do sujeito, a influência de substâncias ototóxicas e de potenciais hábitos comprometedores do estado auditivo do sujeito.

No que diz respeito aos testes e exames clínicos com vista à qualificação e quantificação dos efeitos do ruído no corpo humano, serão efectuadas observações do ouvido externo no sentido de excluir possíveis obstruções do canal auditivo e casos de otites, medições da frequência cardíaca e tensão arterial, medições dos níveis de colesterol total e serão realizados audiogramas de condução aérea e óssea conforme os casos. Serão ainda efectuados testes relativos à componente cognitiva mediante o estudo da concentração mental e da capacidade de memória de cada sujeito.

Todos estes testes serão efectuados em 3 fases, correspondentes à fase de controlo, à fase de exposição sonora e à fase de recuperação após exposição sonora.

A primeira fase corresponde ao momento inicial do estudo e servirá como medida de controlo uma vez que permitirá averiguar o estado de saúde do sujeito no início do estudo.

A segunda fase corresponderá ao momento da exposição sonora a um nível de pressão sonora continuo equivalente de 105,8 dB(A) ou 116 dB lineares, durante 45 minutos no interior de uma cabine audiométrica. Durante a exposição serão realizados testes relativos à concentração mental e capacidade de memória. No final da exposição será efectuado um novo audiograma assim como os restantes testes em falta de forma a completar a bateria de testes atrás mencionada.

A terceira fase compreenderá toda a bateria de testes e será realizada num período mínimo de 12 a 72 horas após a exposição efectuada na fase anterior. O objectivo desta fase consiste na

averiguação da resposta do organismo no que diz respeito à capacidade de recuperação do estado normal de saúde determinado na primeira fase.

Riscos e Benefícios

Este estudo compreende situação de risco nulo, situações de risco mínimo e situações de risco maior que o mínimo.

As situações de risco nulo compreendem a realização de testes relativos ao estudo da concentração mental e capacidade de memória, e de inquéritos não invasivos no que diz respeito à privacidade do sujeito.

As situações de risco mínimo compreendem exames de diagnóstico físicos ou psicológicos, nos quais se inserem os audiogramas, a observação do canal auditivo externo e a determinação dos níveis de colesterol total, de tensão arterial e de frequência cardíaca, assim como a realização de inquéritos com vista à obtenção de informação considerada pertinente para avaliar o estado clínico do sujeito.

Relativamente às situações de risco maior que o mínimo, compreendem-se como tal todas aquelas em que possam ocorrer alterações das variáveis fisiológicas, psicológicas e sociais do sujeito. Como são espectáveis alterações, ainda que de carácter temporário, a todos estes níveis enquanto resultado da exposição sonora da segunda fase, este estudo apresenta risco maior que o mínimo.

As pesquisas efectuadas por via deste estudo não trarão benefício directo para o sujeito, exceptuando o conhecimento do seu estado actual de saúde no que diz respeito aos parâmetros analisados, bem como o enriquecimento pessoal que este poderá retirar desta experiência. Estas pesquisas trarão no entanto mais-valias no que toca ao aprimoramento do conhecimento da relação de casualidade entre níveis de pressão sonora lineares e os seus efeitos na saúde humana. A pesquisa será suspensa caso se percepcione algum risco ou dano para a saúde do sujeito participante do estudo, consequente do mesmo e não previsto neste termo de consentimento, sendo sempre garantida assistência integral das complicações e danos decorrentes dos riscos previstos. No caso de ocorrência de dano, clinicamente comprovado como decorrente do estudo, previsto ou não neste termo de consentimento, o sujeito terá também direito a uma indemnização.

O sujeito é livre de retirar o seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar no estudo, sem que isto traga prejuízo à continuação do seu cuidado e/ou tratamento.

Decurso do trabalho

O estudo terá início a meados de Junho e termo no início de Setembro. Não é possível restringir com maior precisão o intervalo do estudo, uma vez que este está dependente da disponibilidade individual de cada um dos participantes.

Este estudo terá lugar no Centro Auditivo Widex, situado na Av. Heróis de Angola n.º 95 1º Dto., Leiria, local este dotado de infra-estruturas e equipamento capaz de responder às necessidades inerentes a um estudo desta natureza.

O anonimato do sujeito será mantido em toda e qualquer circunstância, encontrando-se no entanto todas as informações obtidas no âmbito deste estudo isentas de qualquer restrição no que diz respeito à sua divulgação pública.

Não existem formas de indemnização das despesas decorrentes da participação na pesquisa, uma vez que estas não existem ou são consideradas nulas.

Declaração de consentimento

Na qualidade de investigador, afirmo que este estudo não é desnecessariamente duplicativo e tem mérito científico, e que a equipa que nele participa é competente para executar os procedimentos descritos neste termo de consentimento.

Nome Completo: _____

Assinatura: _____

Local e data: _____, ____/____/____

Na qualidade de participante aceito de livre vontade os termos nos quais se realiza este estudo. Estou consciente dos meus direitos e deveres, bem como dos riscos e benefícios associados ao estudo.

Nome Completo: _____

Assinatura: _____

Local e data: _____, ____/____/____

C. Inquérito Inicial

Inquérito Inicial

Nome: _____

Idade: _____

Sexo: _____

(F/M)

1. Qual a sua profissão/profissões? (inclua também anteriores se for caso disso)

2. Descreva o tempo de serviço relativo à questão 1

3. Exposição a ruído não ocupacional

Sempre que necessário assinale com



3.1 Está ou esteve envolvido em actividades com:

☐ Armas de tiro (caça, tiro ao alvo, serviço militar...)

Há quanto tempo se expõe ☐ < 1 ano ☐ [1 a 5] anos ☐ [6 a 10] anos ☐ > 10 anos

Frequência: _____ (n.º vezes por dia/mês/ano - riscar os que não interessam)

☐ Desportos motorizados (automobilismo, motociclismo...)

Há quanto tempo se expõe ☐ < 1 ano ☐ [1 a 5] anos ☐ [6 a 10] anos ☐ > 10 anos

Frequência: _____ (n.º vezes por dia/mês/ano - riscar os que não interessam)

☐ Ferramentas ruidosas (berbequins, fresas, martelos...)

Há quanto tempo se expõe ☐ < 1 ano ☐ [1 a 5] anos ☐ [6 a 10] anos ☐ > 10 anos

Frequência: _____ (n.º vezes por dia/mês/ano - riscar os que não interessam)

☐ Discotecas

Há quanto tempo se expõe ☐ < 1 ano ☐ [1 a 5] anos ☐ [6 a 10] anos ☐ > 10 anos

Frequência: _____ (n.º vezes por dia/mês/ano - riscar os que não interessam)

☐ Concertos

Há quanto tempo se expõe ☐ < 1 ano ☐ [1 a 5] anos ☐ [6 a 10] anos ☐ > 10 anos

Frequência: _____ (n.º vezes por dia/mês/ano - riscar os que não interessam)

☐ Audição de música com auscultadores (walkman, I-Pod...)

Há quanto tempo se expõe ☐ < 1 ano ☐ [1 a 5] anos ☐ [6 a 10] anos ☐ > 10 anos

Frequência: _____ (n.º vezes por dia/mês/ano - riscar os que não interessam)

3.2 No seu ambiente familiar é usual existir demasiado ruído? (TV e/ou rádio muito alto, proximidade de aeroportos, estações de comboio, gare de autocarros, indústrias pesadas ou outras fontes de ruído)

Inquérito Inicial

4. Aspectos relacionados com a saúde

4.1 Consumo de:

Drogas Recreativas

☐ Álcool

Há quanto tempo consome ☐ < 1 ano ☐ [1 a 5] anos ☐ [6 a 10] anos ☐ > 10 anos

Frequência: _____ (n.º vezes por dia/mês/ano - riscar os que não interessam)

☐ Tabaco

Há quanto tempo consome ☐ < 1 ano ☐ [1 a 5] anos ☐ [6 a 10] anos ☐ > 10 anos

Frequência: _____ (n.º vezes por dia/mês/ano - riscar os que não interessam)

☐ Outras (heroína, cocaína, barbitúricos, metadona, LSD, ecstasy, cannabis, anfetaminas...)

Drogas Ototóxicas

☐ Antibióticos aminoglicosídeos estreptomicina (ex. ESTREPTOMICINA), diestreptomicina, neomicina, kanamicina A e B, paramomicina (Ex. AMINORIDINA, AMINOSIDINA), gentamicina (Ex. GARALONE), tobramicina (Ex. DISTOBRAN), amicacina (Ex. BICLIN), cisplatina (Ex. PLATIRAN, FAULPLATIN), netilmicina (Ex. NETROMICINA), cloranfenicol (Ex. CLOROCIN), polimixina E (Ex. COLISTIN), polimixina B (Ex. OTOSPORIN, CONJUNTILONE, POLYDEXA), capreomicina e viomicina.

☐ Macrólidos: eritromicina (Ex. ESE e ERITROMICINA), espiramicina (Ex. ROVAMICINA), azitromicina (Ex. ZITROMAX), claritromicina (Ex. KLACID), miocacina (Ex. MIOCACIN), TETRACICLINA e seus derivados como aminociclina (Ex. MINOCIN) e doxiciclina (Ex. VIBRAMICINA), CEFTRIAXONA (grupo das Cefalosporinas)

☐ Penicilina e derivados: ampicilina (Ex. BRITACIL, AMPLIFAR)

☐ Anti-Malários: hidroxidoroquina (Ex. PLAQUINOL), cloroquina (Ex. RESOCHINA), mefloquina (Ex. MEPHAQUIN)

☐ Diuréticos: ácido etacrínico, furosemida (Ex. LASIX, WINTHROP, RATIOPHARM) e indapamida (Ex. FLUDEX, TANDIX)

☐ Anti-inflamatórios: ácido acetil-salicílico (Ex. ASPIRINA, ASPEGIC, TROMALYT, LISASPIN)

4.2 Costuma estar exposto a algum destes poluentes ototóxicos: Benzeno, Tolueno, Xileno, Etanol, Butanona e Estireno? Se sim, com que frequência?

4.3 Tem dificuldades auditivas? (perda auditiva, dores de ouvidos, otites, desconforto a certos tipos de sons, zumbidos)

4.4 Existe algum historial clínico sobre alterações auditivas no seio da sua família?

	Inquérito Inicial
4.5 Outros aspectos clínicos relevantes	
<input type="checkbox"/> Doenças cardiovasculares	<input type="checkbox"/> Perda de memória
<input type="checkbox"/> Hipertensão arterial	<input type="checkbox"/> Ansiedade
<input type="checkbox"/> Doenças cérebro-vasculares	<input type="checkbox"/> Diarreia
<input type="checkbox"/> Colesterol elevado	<input type="checkbox"/> Prisão de ventre
<input type="checkbox"/> Diabetes	<input type="checkbox"/> Dores de cabeça
<input type="checkbox"/> Cirurgia auditiva	<input type="checkbox"/> Vertigens
<input type="checkbox"/> Traumatismo craniano	<input type="checkbox"/> Náuseas frequentes
<input type="checkbox"/> Meningite	<input type="checkbox"/> Azia
<input type="checkbox"/> Tremores das mãos	<input type="checkbox"/> Gastrites
<input type="checkbox"/> Mudanças constantes de humor	<input type="checkbox"/> Úlceras
<input type="checkbox"/> Irritabilidade	<input type="checkbox"/> Daltonismo
<input type="checkbox"/> Dificuldades de concentração	<input type="checkbox"/> Distúrbios do sono (despertar nocturno, insónias...)
<input type="checkbox"/> Problemas de Tiróide	<input type="checkbox"/> Desmaios

D. Inquérito Após Exposição

Inquérito Pós-Exposição

Nome: _____

Idade: _____

Sexo: _____

(F/M)

Com este inquérito pretende-se averiguar a existência sintomas após a exposição de 45 minutos a que esteve sujeito

Sempre que necessário assinale com ☐ ☒

1. Apresentou algum dos seguintes sinais/sintomas?

- ☐ Ligeira mudança de humor
- ☐ Indigestão e azia

Se assinalou alguma das anteriores, indique a duração da ocorrência

2. Sentiu ou apresentou algum destes sintomas?

- ☐ Dores no peito
- ☐ Mudança de humor definida
- ☐ Dores lombares
- ☐ Fadiga extrema
- ☐ Dor e/ou sangue ao urinar
- ☐ Alergias

Se assinalou alguma das anteriores, indique a duração da ocorrência

3. Notou algum destes sintomas?

- ☐ Hemorragias da mucosa conjuntiva, e dos epitélios digestivo e nasal
- ☐ Hemorróidas e varicose
- ☐ Cólon irritável
- ☐ Decréscimo da acuidade visual
- ☐ Enxaquecas
- ☐ Fortes dores nas articulações
- ☐ Dores musculares intensas
- ☐ Perturbações de equilíbrio

Se assinalou alguma das anteriores, indique a duração da ocorrência

E. Inquérito a Disco Jockey's

Inquérito DJ's

Nome: _____

Idade: _____

Sexo: _____

(F/M)

Com este inquérito pretende-se averiguar a existência sintomas associados à exposição prolongada a ruídos de baixa frequência no decurso da sua profissão.

Sempre que necessário assinale com ☒ ☐

1. Apresenta algum dos seguintes sinais/sintomas?

- ☐ Ligeira mudança de humor
- ☐ Indigestão e azia
- ☐ Infecções da orofaringe (boca e garganta)
- ☐ Bronquite

Se assinalou alguma das anteriores, indique a frequência de ocorrência

2. Já alguma vez sentiu ou apresentou algum destes sintomas?

- ☐ Dores no peito
- ☐ Mudança de humor definida
- ☐ Dores lombares
- ☐ Fadiga extrema
- ☐ Infecções cutâneas parasitárias, fúngicas e virais
- ☐ Inflamação do revestimento estomacal
- ☐ Dor e/ou sangue ao urinar
- ☐ Conjuntivites
- ☐ Alergias

Se assinalou alguma das anteriores, indique a frequência de ocorrência

3. Foi-lhe diagnosticado algum das seguintes condições?

- ☐ Distúrbios psiquiátricos
- ☐ Hemorragias da mucosa conjuntiva, e dos epitélios digestivo e nasal
- ☐ Hemorróidas e varicose
- ☐ Úlceras duodenais
- ☐ Cólon irritável
- ☐ Decréscimo da acuidade visual
- ☐ Enxaquecas
- ☐ Fortes dores nas articulações
- ☐ Dores musculares intensas
- ☐ Alterações neurológicas

Se assinalou alguma das anteriores, indique a frequência de ocorrência

F. Especificações do sistema FENDER®

3. Consider the application and needs of the event and set the System EQ control as appropriate. This is best achieved by playing recorded material of the same type as your show program, or by having an assistant speak into the microphone while you listen in the audience area.

For public address (spoken voice), it is advisable to rotate the System EQ control clockwise to enhance the mid and high frequencies, and limit the low frequency content. For large outdoor spaces this will also give the maximum headroom and output capability. Carefully consider the individual event's needs and set your control for the maximum effect.

POWER TOWER™

In setting up the system, the Passport Mixing console should ideally be placed where system performance can be evaluated by the operator. If no ongoing adjustments will be necessary, the mixer may be placed conveniently and where the cable lengths allow.

Take care to place the Power Tower where the cables will not trip anyone. All cables should be carefully secured.

The storage compartment in the rear of the Tower can hold cables, microphones and other system parts. To open simply slide the catch upwards and pull open.

The mains (AC) fuse holder is under the IEC (power cord) socket on the right rear of the Tower. To change a fuse, remove the IEC plug and, using an appropriate tool pull out the fuse holder. Note there is a spare fuse in the fuse holder; the Passport utilizes a T6.3A 250V fuse. Only replace fuses with one of an identical value and size.

The Passport System is weather resistant in its packed- transport mode. However, when operating outdoors, take care to fully protect the Power Tower in the event of exposure to rain. **Remember to allow free air flow through the front air inlet located at the bottom of the front panel on the Passport power tower.**

SPECIFICATIONS

Part Number	069-2001-0X3
Frequency Response	20 Hz to 40 kHz \pm 1 dB (at send output) 30 Hz to 30 kHz \pm 1 dB (at speaker output, with processor threshold exceeded)
Distortion	< 0.05%, 20 Hz to 20 kHz, 1 dB below rated output
System Signal to Noise Ratio	> 80 dB @ 1 W, "A" WTD
Power Output	125 W/ch continuous average power, 8ohm, both channels driven with THD < 1%
Input Impedance (Channels 1-2-3 XLR and 1/4")	"Mic" switch position: 2 k ohm "Line" switch position: 66 k ohm
Input Impedance (Phono and Stereo Channel 1/4")	76 k ohm
Max. Input Level	Mic: -7 dBu Line: 30 dBu Stereo: 26 dBu
Return Input Impedance	47 k ohm
Fuse type	T6.3A, 250 V
Passport System	Width: 840 mm (33.7 in.) Height: 615 mm (24.2 in.) Depth: 300 mm (11.8 in.) Weight: 24 kgs (53 lbs)
Speakers	Width: 340 mm (13.4 in.) Height: 610 mm (24.2 in.) Depth: 300 mm (11.8 in.) Weight: 6.8 kgs (15 lbs)
Power Tower	Width: 185 mm (7.3 in.) Height: 615 mm (24.2 in.) Depth: 300 mm (11.8 in.) Weight: 10.5 kgs (23 lbs)
Tower Footprint	350 x 300 mm (13.8 x 11.8 in.)
Microphone	Dynamic Cardioid, balanced
Microphone Cable	XL -Male to XL-Female, 6 m (20 feet)
Speaker Cables	1/4 in. to 1/4 in., 9 m (30 feet) 0 dBu is referenced to 0.775 volts rms

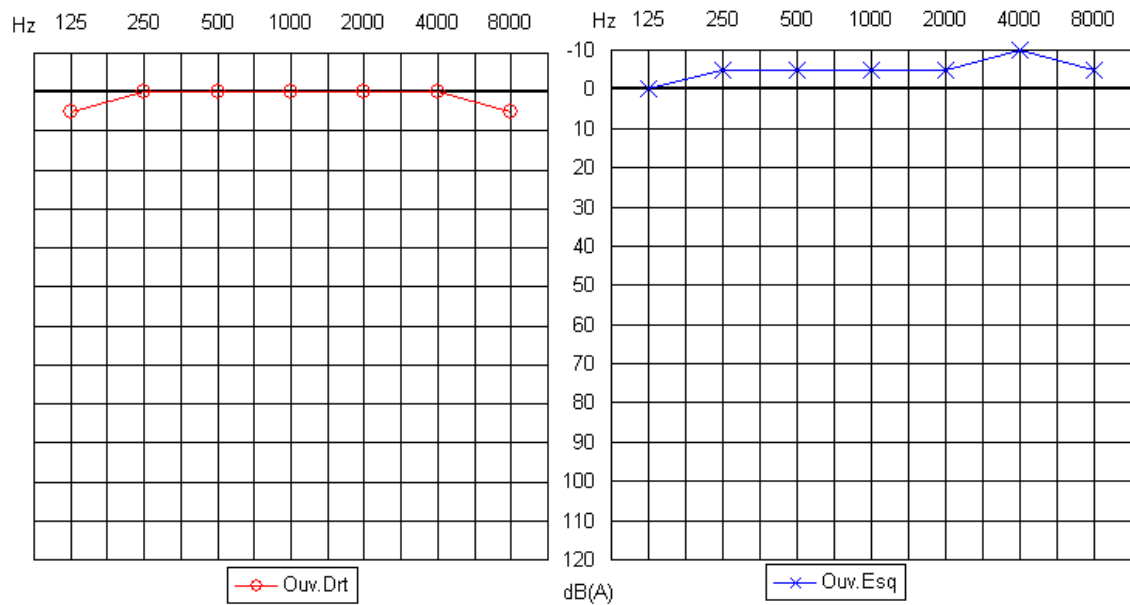
G. Lista de Substâncias Ototóxicas

Lista de Substâncias Ototóxicas

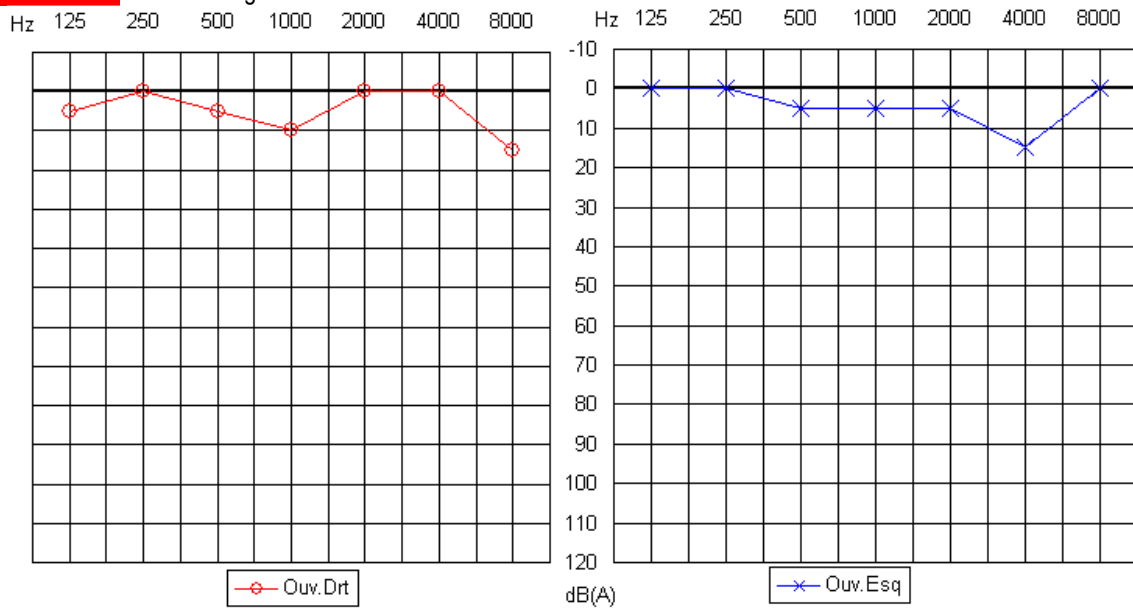
- Antibióticos aminoglicosídeos: estreptomicina (ex.ESTREPTOMICINA), diestreptomicina, neomicina, kanamicina A e B, paramomicina (Ex. AMINORIDINA, AMINOSIDINA), gentamicina (Ex.GARALONE), tobramicina (Ex.DISTOBRAN), amicacina (Ex.BICLIN), cisplatina (Ex.PLATIRAN, FAULPLATIN), netilmicina (Ex.NETROMICINA), cloranfenicol (Ex. CLOROCIN), polimixina E (Ex. COLISTIN), polimixina B (Ex.OTOSPORIN, CONJUNTILONE, POLYDEXA), capreomicina e viomicina.
- Macrólidos: eritromicina (EX.ESE e ERITROMICINA), espiramicina (Ex.ROVAMICINA), azitromicina (Ex.ZITROMAX), claritromicina (Ex. KLACID), miocacina (Ex.MIOCACIN), TETRACICLINA e seus derivados como a minociclina (Ex.MINOCIN) e doxiciclina (Ex.VIBRAMICINA), CEFTRIAXONA (grupo das Cefalosporinas)
- Penicilina e derivados: ampicilina (Ex.BRITACIL, AMPLIFAR)
- Anti-Malários: hidroxicloroquina (Ex.PLAQUINOL), cloroquina (Ex.RESOCHINA), mefloquina (Ex.MEPHAQUIN)
- Diuréticos: ácido etacrínico, furosemida (Ex.LASIX, WINTHROP, RATIOPHARM) e indapamida (Ex.FLUDEX, TANDIX)
- Anti-inflamatórios: ácido acetil-salicílico (Ex.ASPIRINA, ASPEGIC, TROMALYT, LISASPIN)
- Benzeno, Tolueno, Xileno, Etanol, Butanona e Estireno

H. Audiogramas do Grupo G1

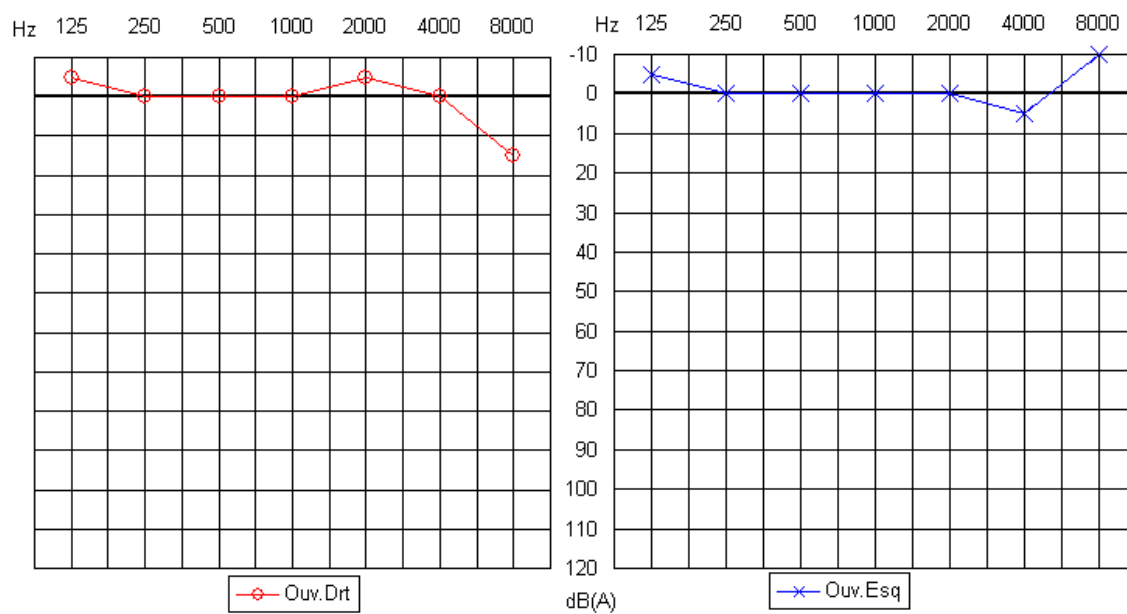
Nome	1
Data Nasc	26-09-1982
TA Sist	11,7 mmHg
TA Diast	8,4 mmHg
FC	85 pul/min
CHOL	227 mg/dl



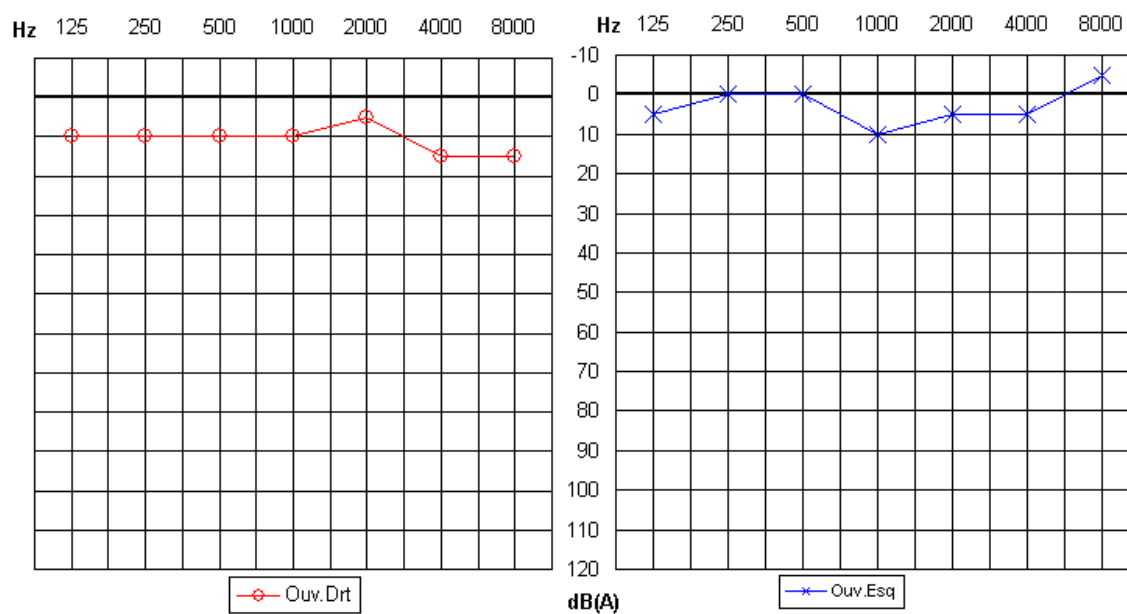
Nome	2
Data Nasc	12-11-1983
TA Sist	12,6 mmHg
TA Diast	9,1 mmHg
FC	80 pul/min
CHOL	149 mg/dl



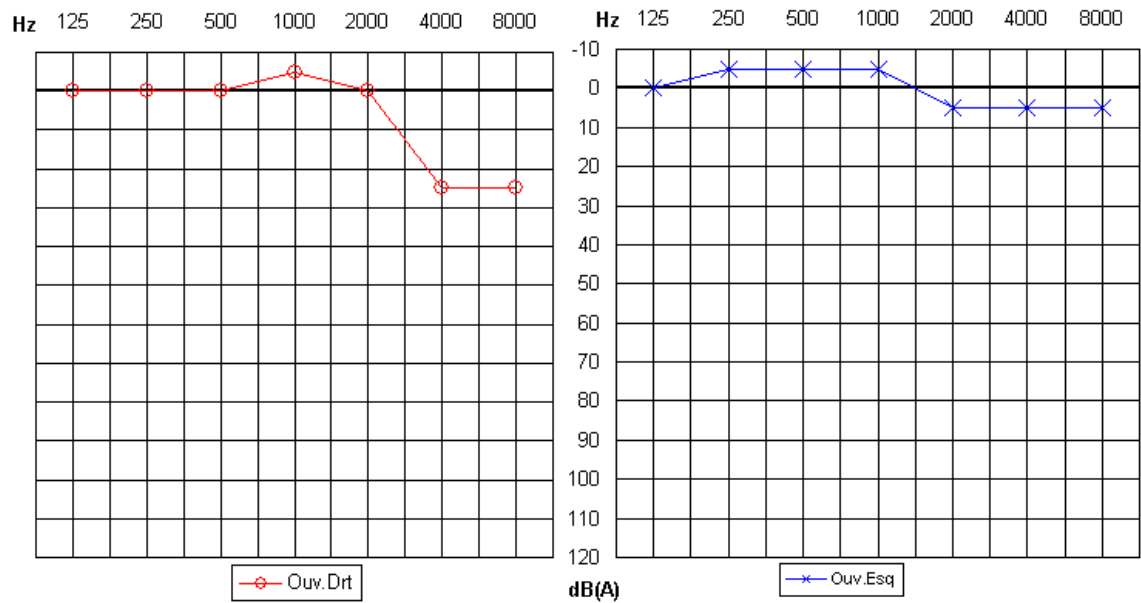
Nome	3
Data Nasc	24-07-1984
TA Sist	11,7 mmHg
TA Diast	8 mmHg
FC	65 pul/min
CHOL	215 mg/dl



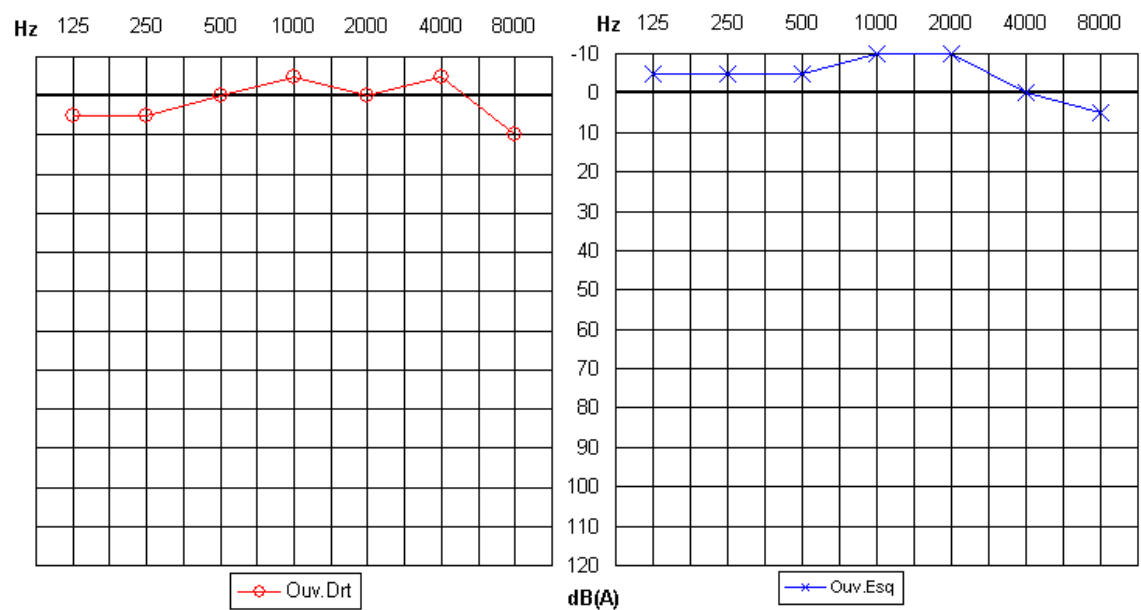
Nome	4
Data Nasc	05-02-1978
TA Sist	11 mmHg
TA Diast	7,4 mmHg
FC	77 pul/min
CHOL	198 mg/dl



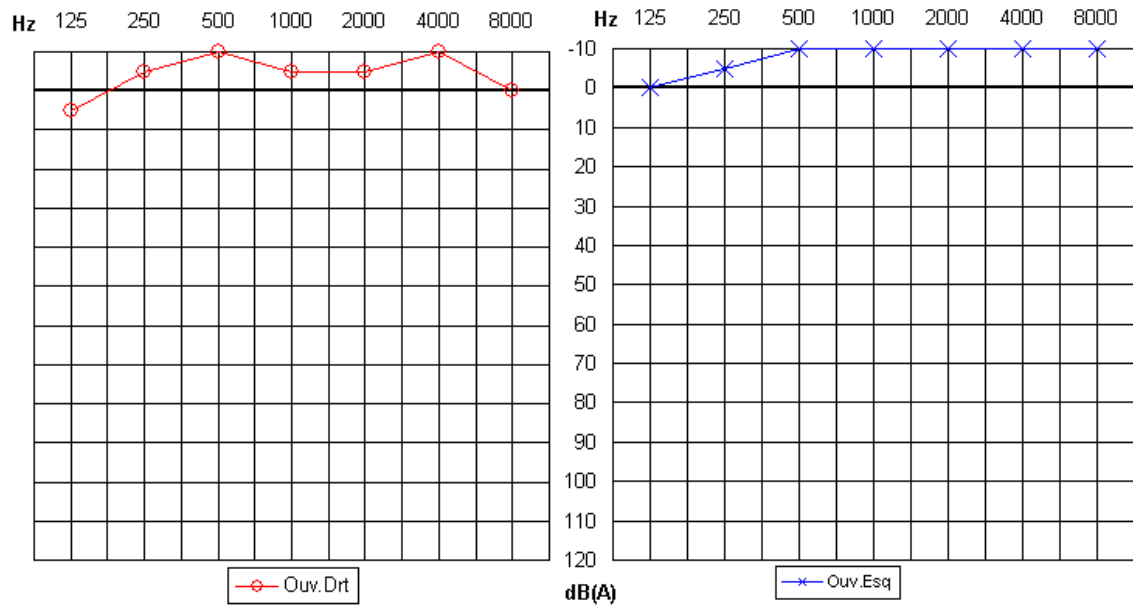
Nome	5
Data Nasc	21-01-1978
TA Sist	13,2 mmHg
TA Diast	8,3 mmHg
FC	73 pul/min
CHOL	149 mg/dl



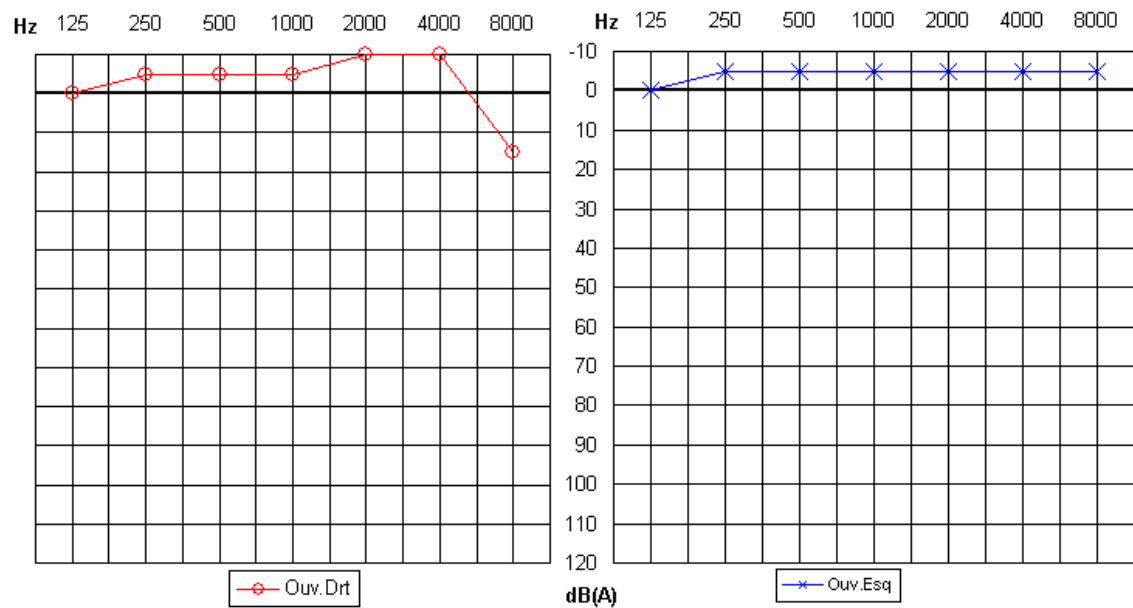
Nome	6
Data Nasc	17-11-1983
TA Sist	11,5 mmHg
TA Diast	5,5 mmHg
FC	45 pul/min
CHOL	149 mg/dl



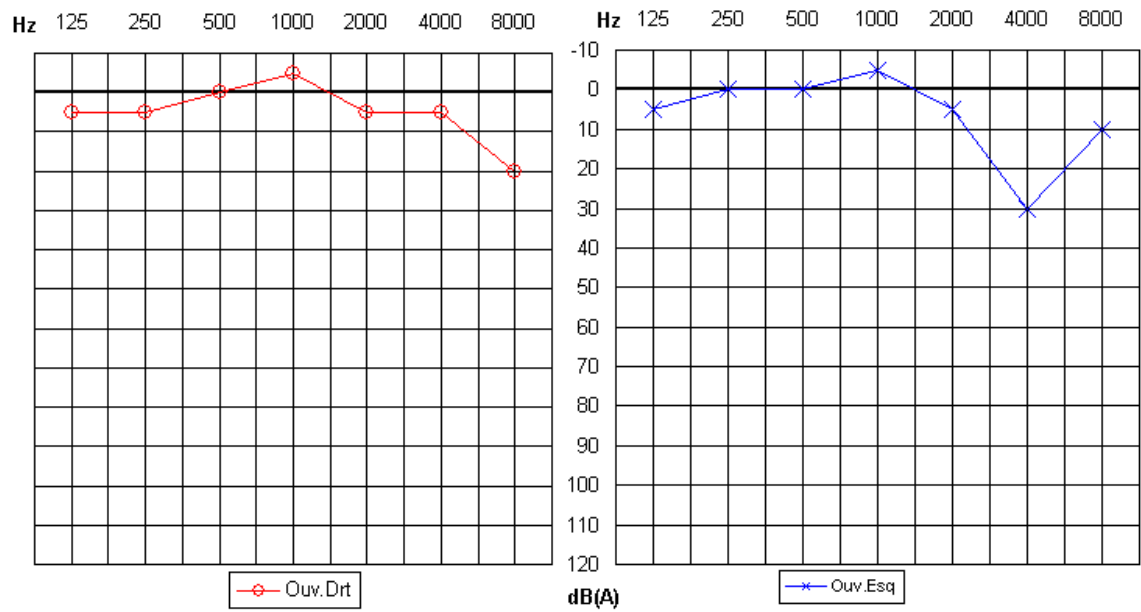
Nome	7
Data Nasc	21-06-1984
TA Sist	10,6 mmHg
TA Diast	6,2 mmHg
FC	62 pul/min
CHOL	179 mg/dl



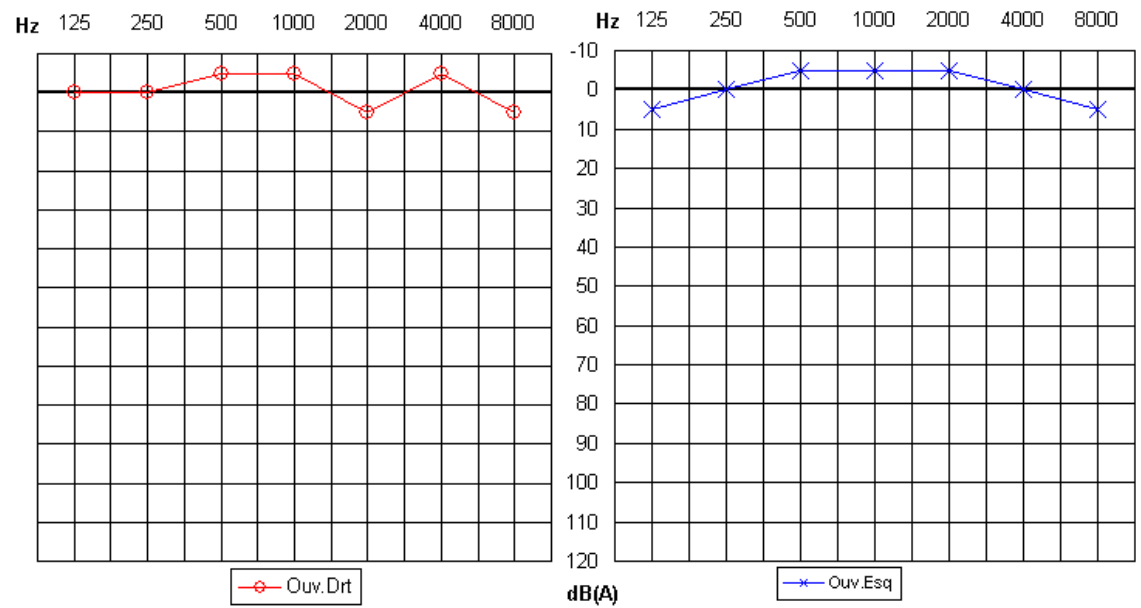
Nome	8
Data Nasc	09-02-1984
TA Sist	12,3 mmHg
TA Diast	7,1 mmHg
FC	64 pul/min
CHOL	207 mg/dl



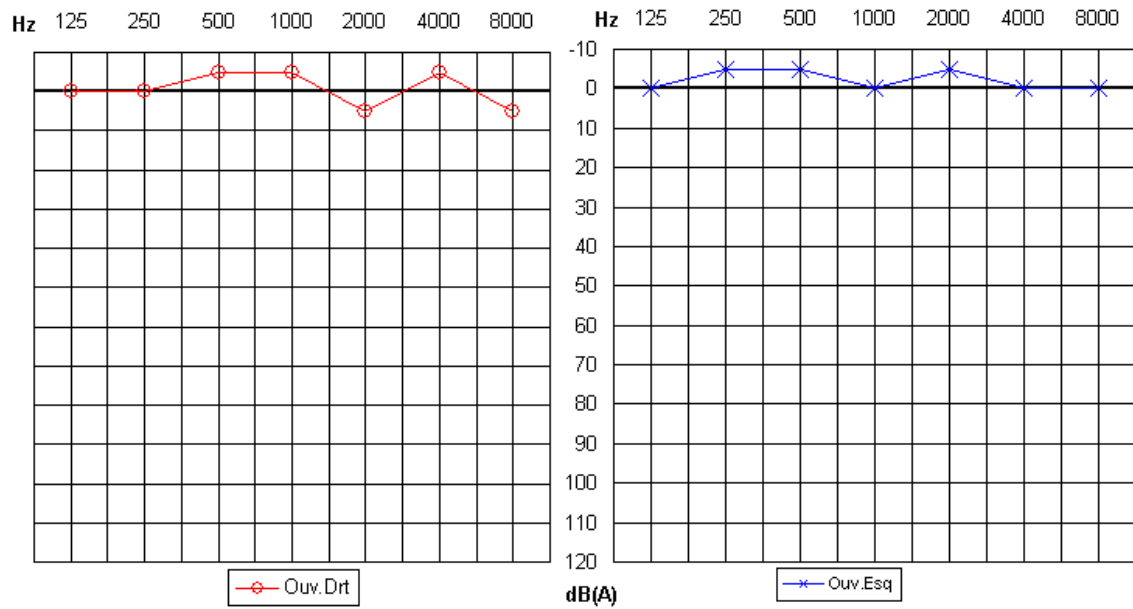
Nome	9
Data Nasc	11-02-1984
TA Sist	11,3 mmHg
TA Diast	7,4 mmHg
FC	67 pul/min
CHOL	183 mg/dl



Nome	10
Data Nasc	26-07-1984
TA Sist	10,6 mmHg
TA Diast	6,2 mmHg
FC	71 pul/min
CHOL	171 mg/dl

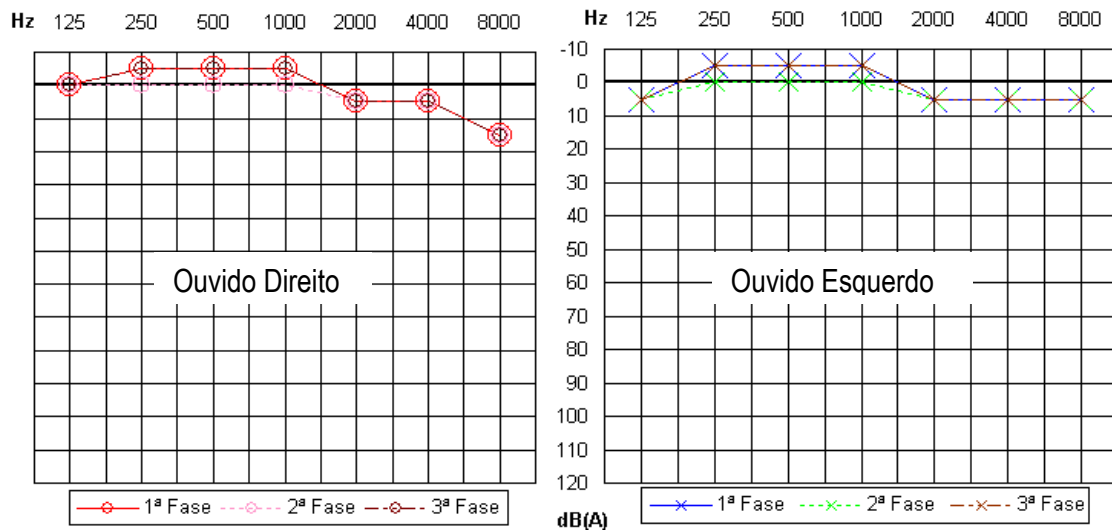


Nome	11
Data Nasc	26-07-1984
TA Sist	11,2 mmHg
TA Diast	5,9 mmHg
FC	76 pul/min
CHOL	160 mg/dl

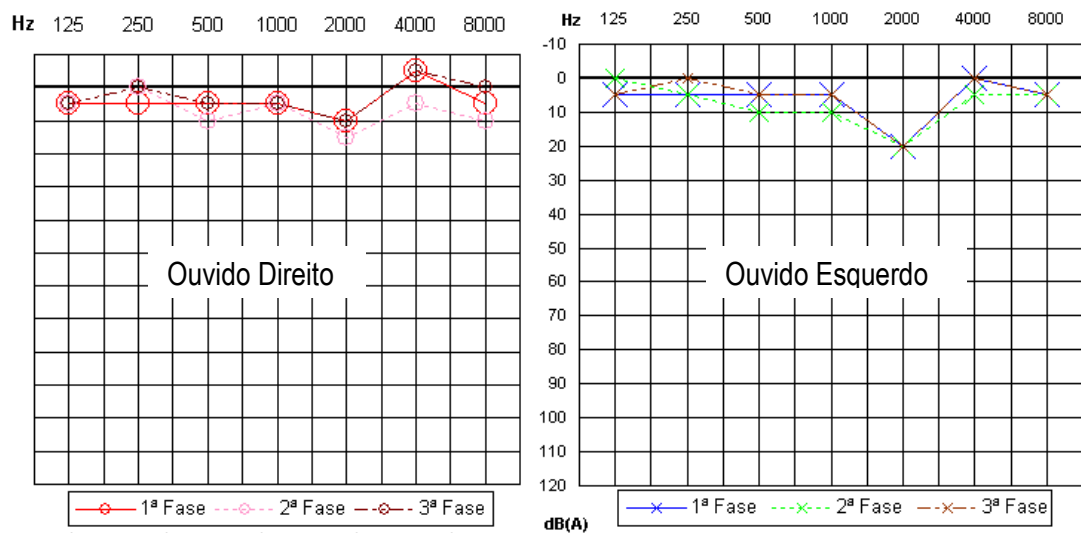


I. Audiogramas do Grupo G2

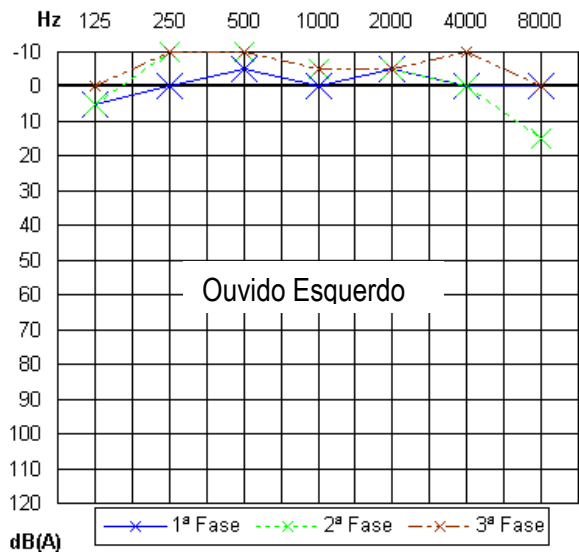
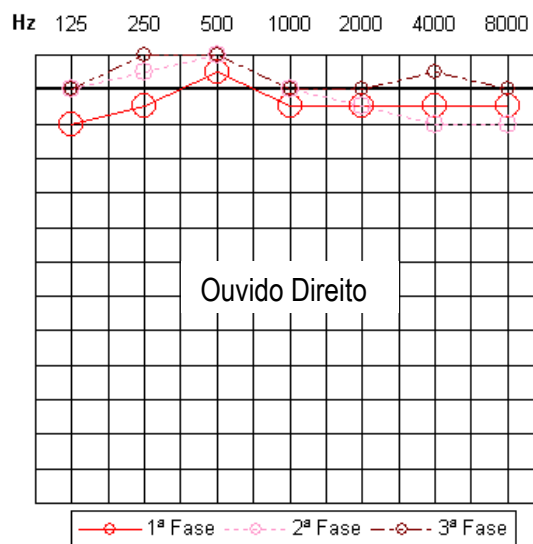
Nome	1			
Data Nasc	24-06-1980			
	1ª Fase	2ª Fase		3ª Fase
TA Sist	11	11,4	10,8	10 mmHg
TA Diast	7,9	7,4	7,4	6,2 mmHg
FC	71	70	69	71 pul/min
CHOL	180	185	mg/dl	



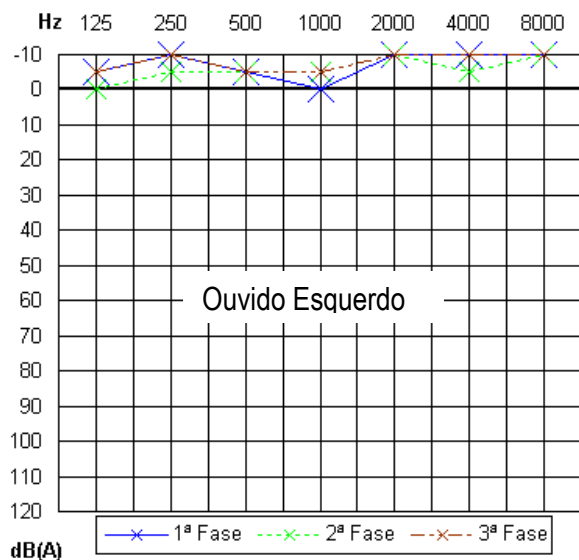
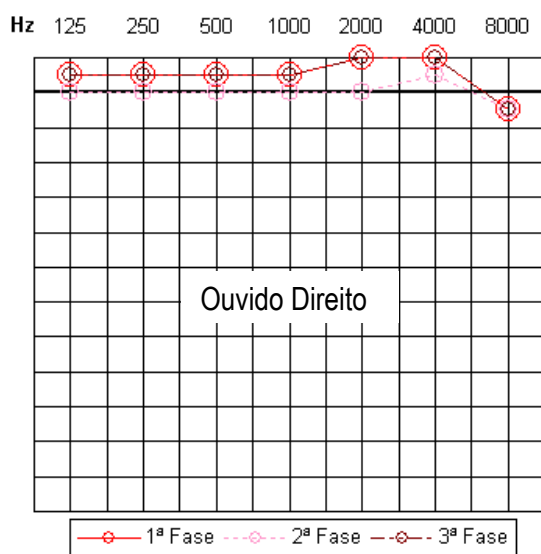
Nome	2			
Data Nasc	11-06-1982			
	1ª Fase	2ª Fase		3ª Fase
TA Sist	10,8	10,3	11,1	11 mmHg
TA Diast	6,1	6,4	6,7	6,5 mmHg
FC	61	63	69	65 pul/min
CHOL	170	165	mg/dl	



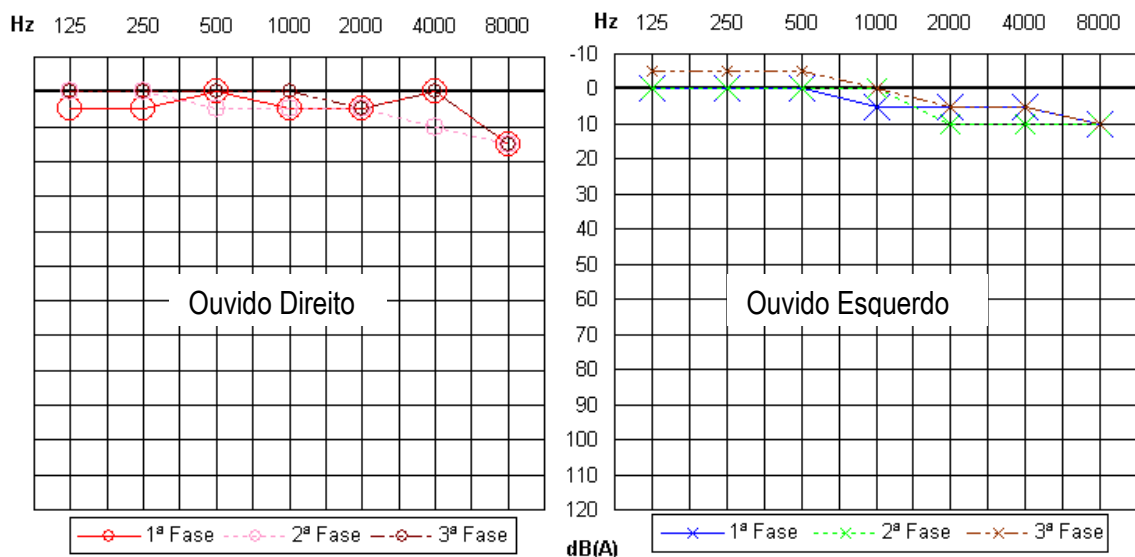
Nome	3				
Data Nasc	04-09-1983				
	1ª Fase	2ª Fase		3ª Fase	
TA Sist	11,3	11,2	10,4	11,8	mmHg
TA Diast	6,8	6,6	7,6	7,4	mmHg
FC	76	83	82	72	pul/min
CHOL	181	169			mg/dl



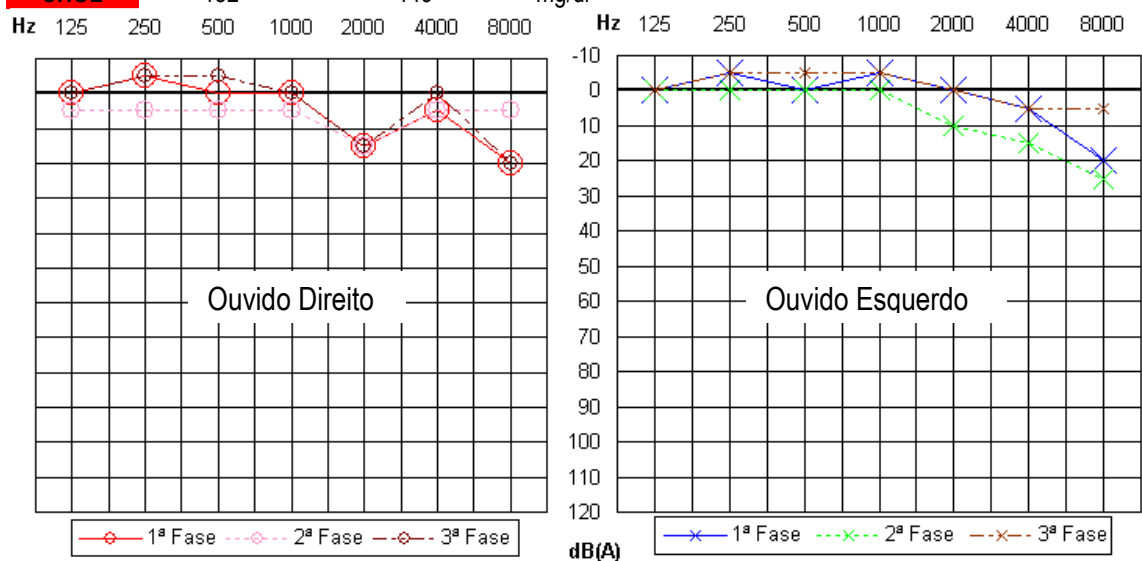
Nome	4				
Data Nasc	05-10-1983				
	1ª Fase	2ª Fase		3ª Fase	
TA Sist	12,1	11,1	10,4	11,4	mmHg
TA Diast	7,5	7	6,8	7	mmHg
FC	78	73	74	76	pul/min
CHOL	162	149			mg/dl



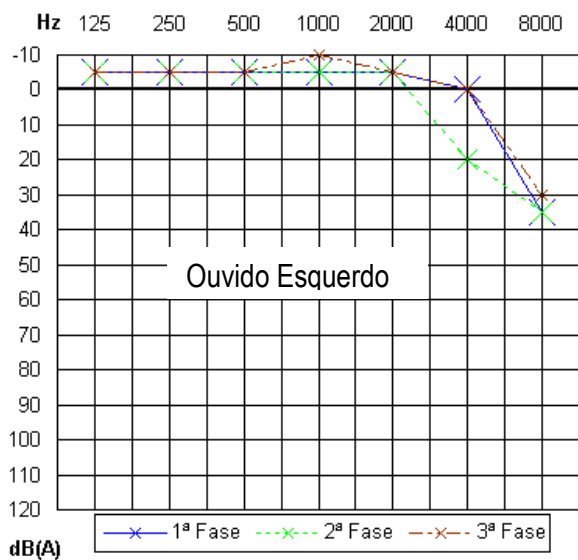
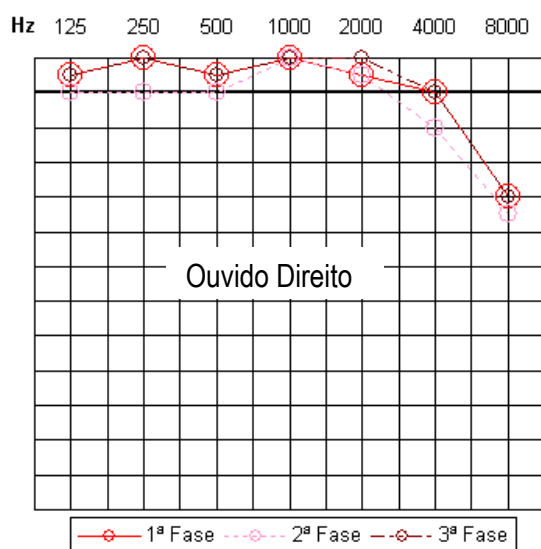
Nome	5			
Data Nasc	10-02-1985			
	1ª Fase	2ª Fase		3ª Fase
TA Sist	12,8	12	12,4	12,6 mmHg
TA Diast	7,4	7,6	7,7	8 mmHg
FC	67	67	65	66 pul/min
CHOL	149	149		mg/dl



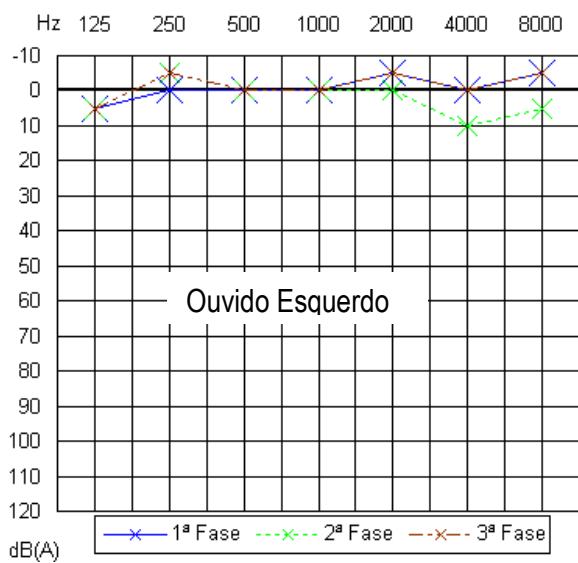
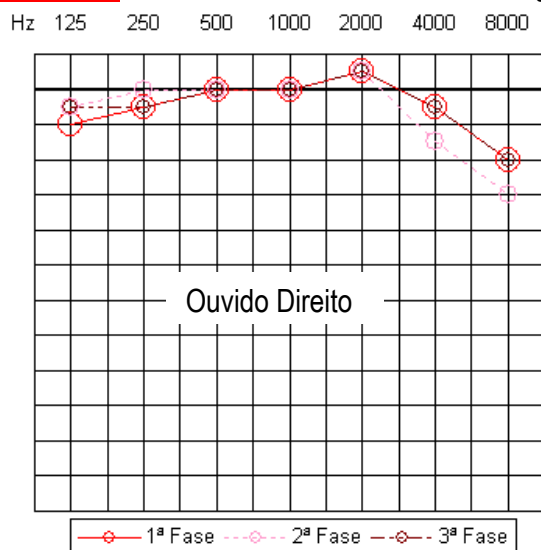
Nome	6			
Data Nasc	22-03-1983			
	1ª Fase	2ª Fase		3ª Fase
TA Sist	11,2	10,8	10,8	11,1 mmHg
TA Diast	6,7	6,3	6,1	6,1 mmHg
FC	59	53	50	55 pul/min
CHOL	152	149		mg/dl



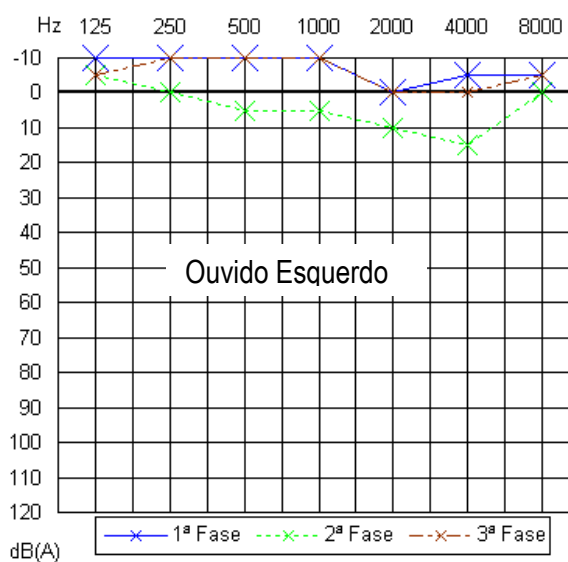
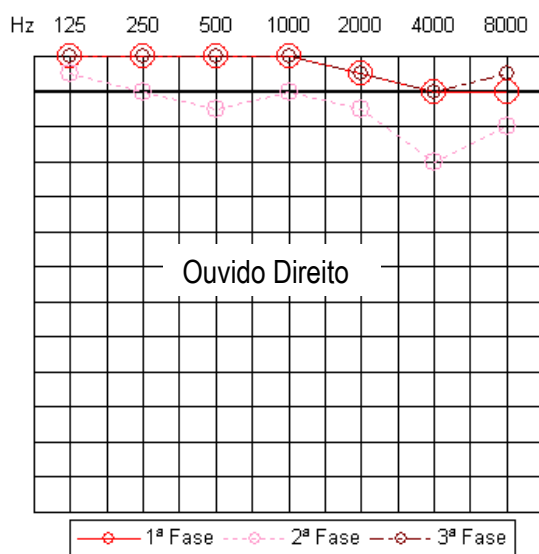
Nome	7			
Data Nasc	22-04-1982			
	1ª Fase	2ª Fase	3ª Fase	
TA Sist	12,9	12,9	13	12,7 mmHg
TA Diast	7,1	7,9	7,8	7,5 mmHg
FC	50	61	60	68 pul/min
CHOL	164	168		mg/dl



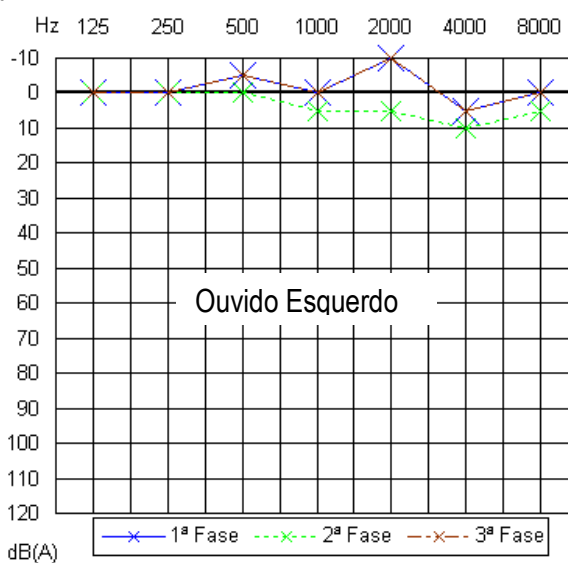
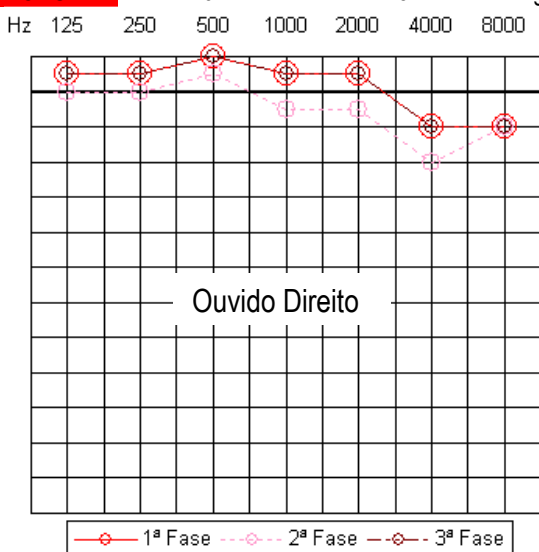
Nome	8			
Data Nasc	15-08-1982			
	1ª Fase	2ª Fase	3ª Fase	
TA Sist	10,7	10,9	10,9	10,5 mmHg
TA Diast	6,3	6	5,9	5,9 mmHg
FC	83	48	48	59 pul/min
CHOL	158	161		mg/dl



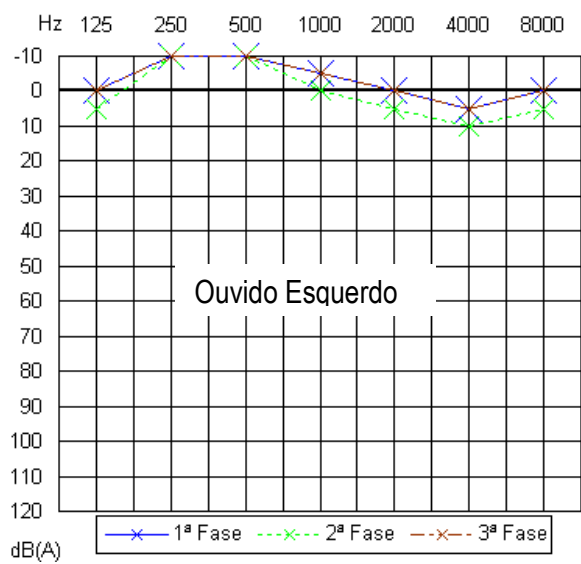
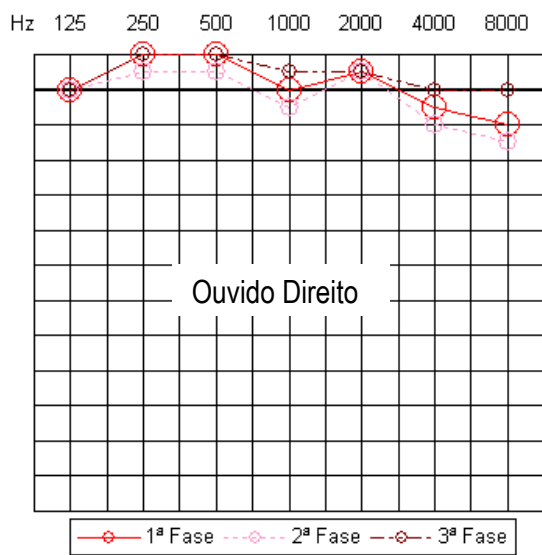
Nome	9			
Data Nasc	31-12-1979			
	1ª Fase	2ª Fase		3ª Fase
TA Sist	10,8	11,5	11,1	11,8 mmHg
TA Diast	6,9	6,8	6,5	7,2 mmHg
FC	52	55	48	51 pul/min
CHOL	149	149		mg/dl
notas	Ouvido esquerdo dorido Ouviu música com auriculares. Descanso comprometido?			--



Nome	10			
Data Nasc	06-05-1981			
	1ª Fase	2ª Fase	3ª Fase	
TA Sist	11,2	9,4	9,5	10,4 mmHg
TA Diast	6,8	5,8	6,1	6 mmHg
FC	84	65	61	79 pul/min
CHOL	194	181		mg/dl

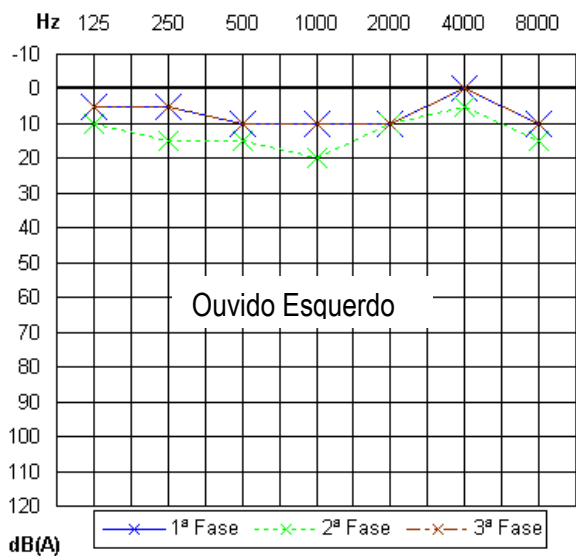
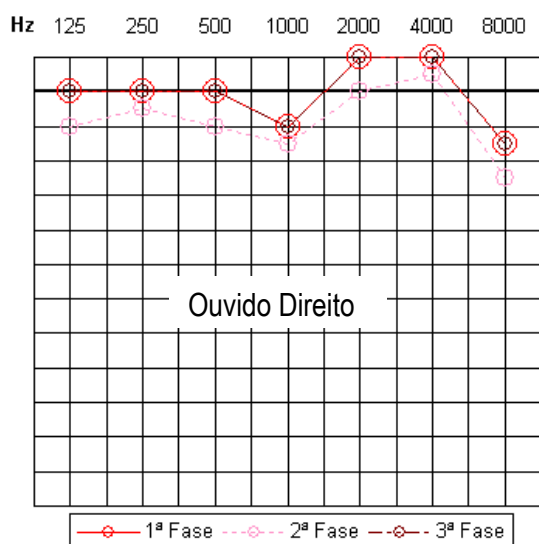


Nome	11				
Data Nasc	21-04-1978				
	1ª Fase	2ª Fase		3ª Fase	
TA Sist	12,3	12,1	11,5	11,7	mmHg
TA Diast	7,8	8	7,8	7,5	mmHg
FC	63	68	71	63	pul/min
CHOL	200	184		mg/dl	

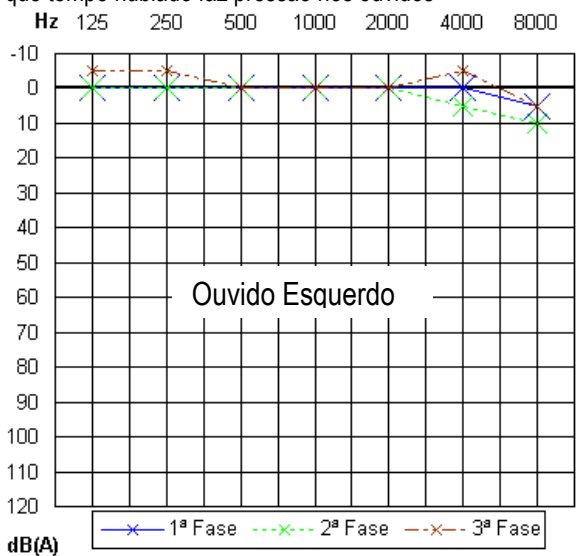
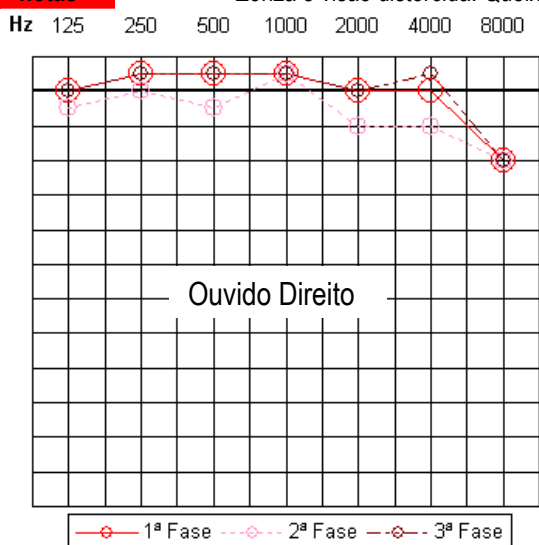


J. Audiogramas do Grupo G3

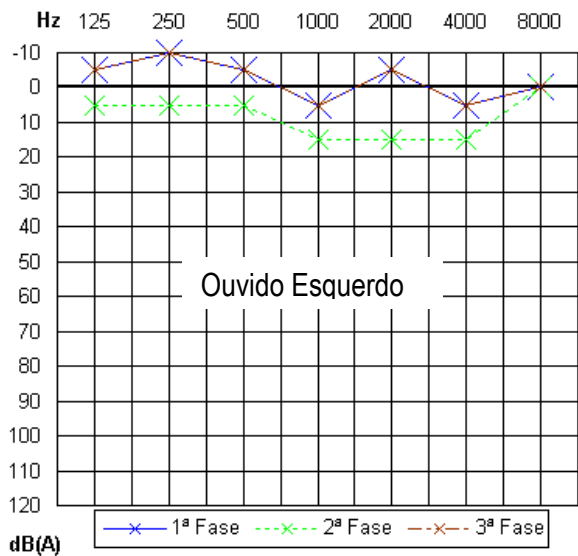
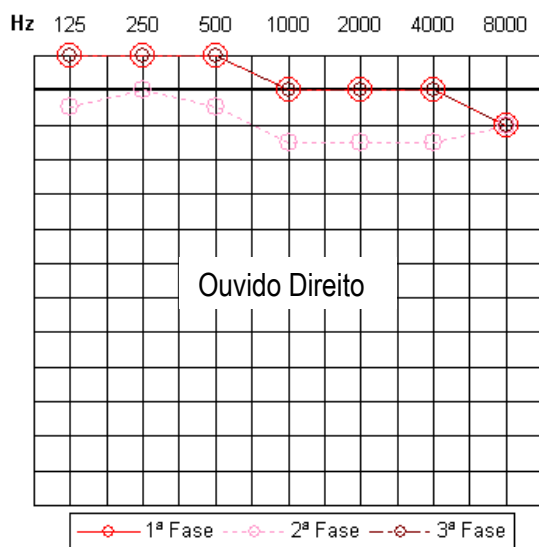
Nome	1				
Data Nasc	29-11-1982				
	1ª Fase	2ª Fase		3ª Fase	
TA Sist	11,4	10,9	11,1	10,9	mmHg
TA Diast	6,7	6,2	5,8	5,4	mmHg
FC	74	86	73	60	pul/min
CHOL	194	163		mg/dl	



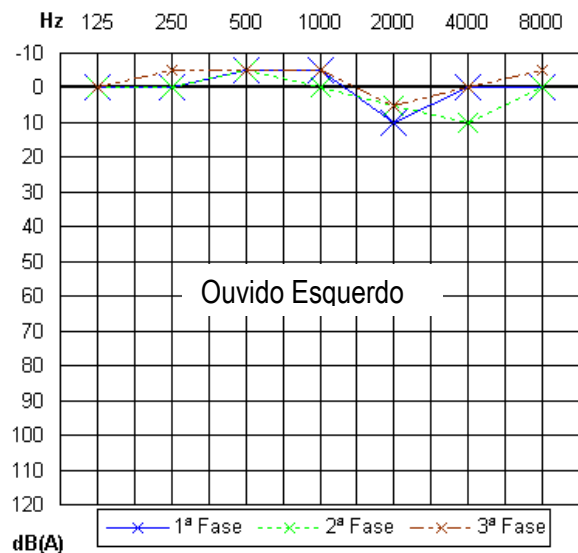
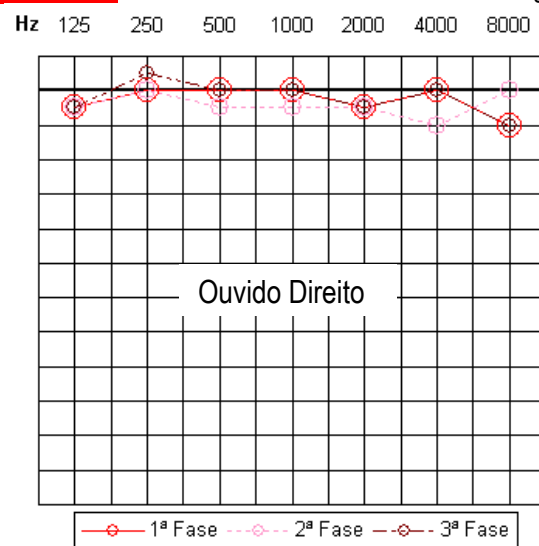
Nome	2				
Data Nasc	18-12-1982				
	1ª Fase	2ª Fase			3ª Fase
TA Sist	10,4	10	10,5	10,1	mmHg
TA Diast	5,7	6,1	5,7	5,6	mmHg
FC	72	66	66	58	pul/min
CHOL	192		190		mg/dl
notas	-- Zonza e visão distorcida. Queixa que tempo nublado faz pressão nos ouvidos				--



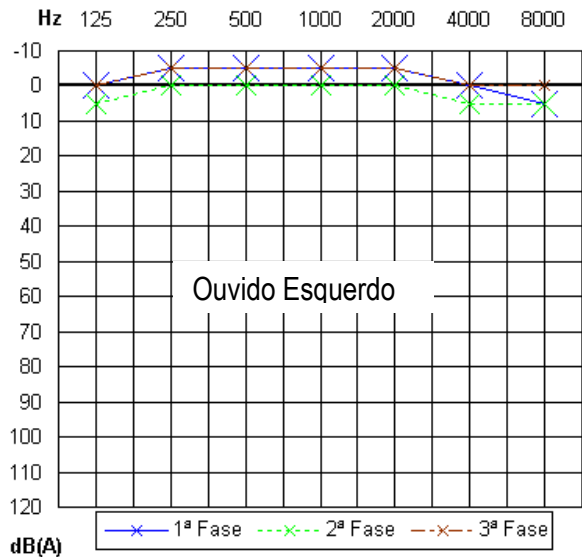
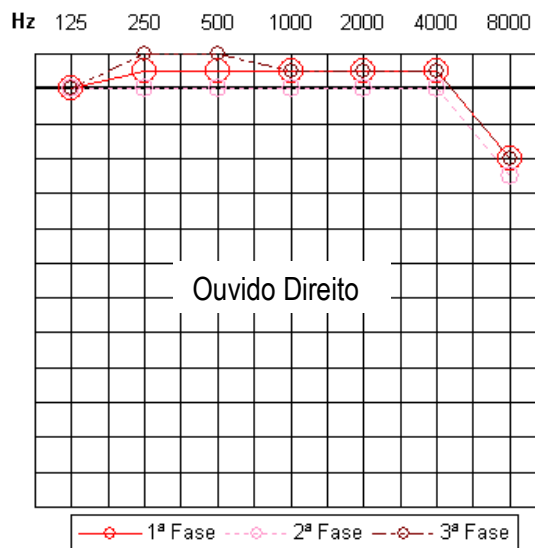
Nome	3			
Data Nasc	03-06-1977			
	1ª Fase	2ª Fase	3ª Fase	
TA Sist	11,4	11,4	11	11,4 mmHg
TA Diast	6,6	6,6	6,1	7,2 mmHg
FC	60	58	57	61 pul/min
CHOL	188	164		mg/dl



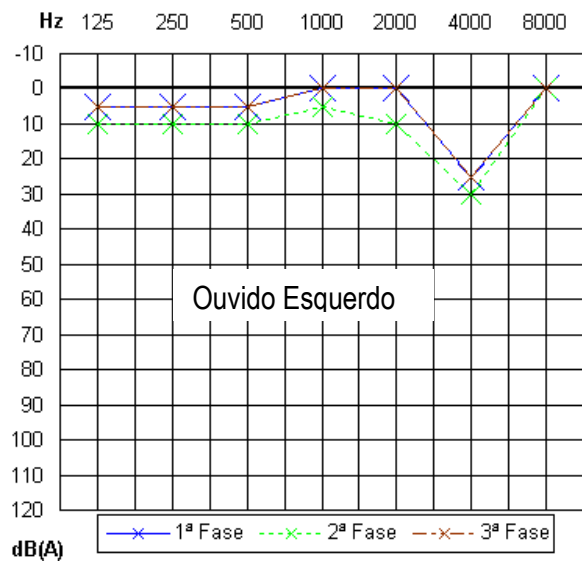
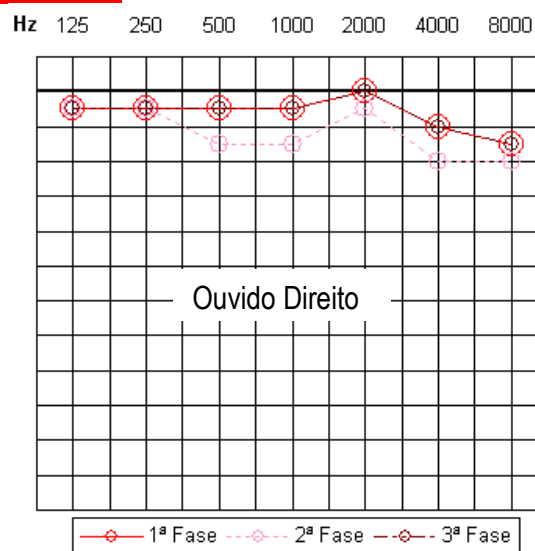
Nome	4			
Data Nasc	02-09-1979			
	1ª Fase	2ª Fase	3ª Fase	
TA Sist	9,2	10	9,7	9,5 mmHg
TA Diast	6,4	5,6	5,6	4,9 mmHg
FC	76	67	65	73 pul/min
CHOL	210	149		mg/dl

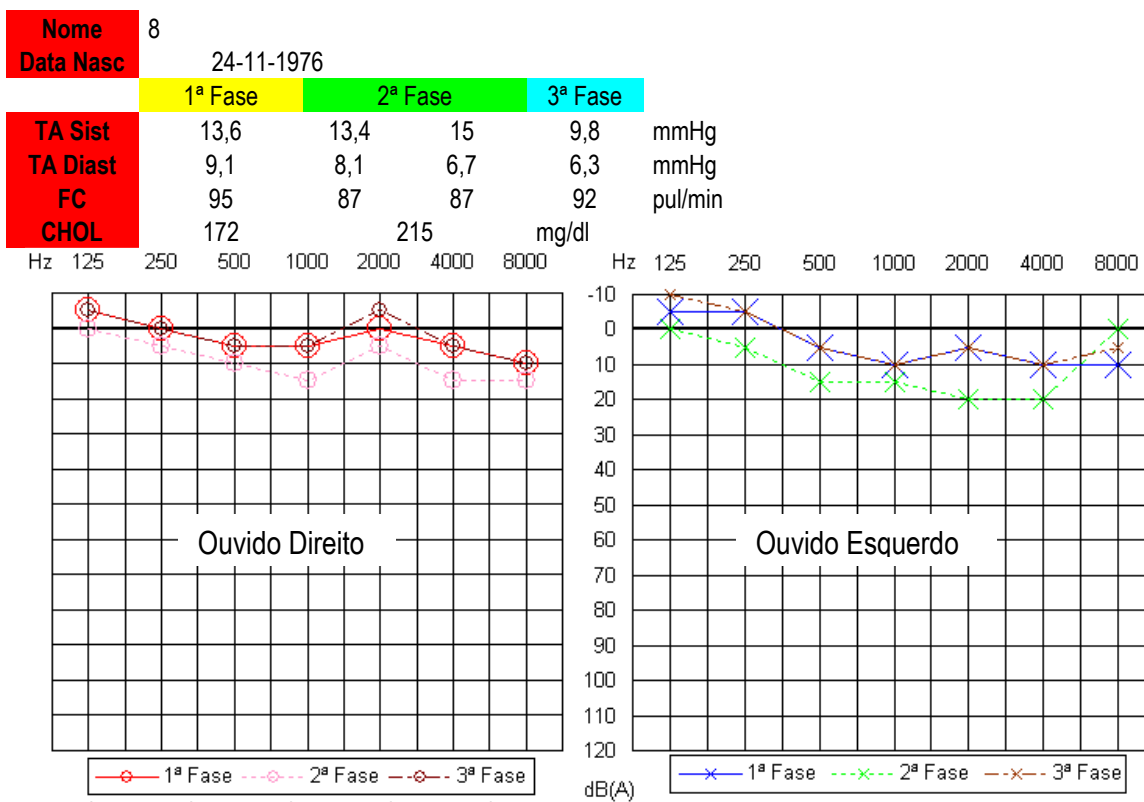
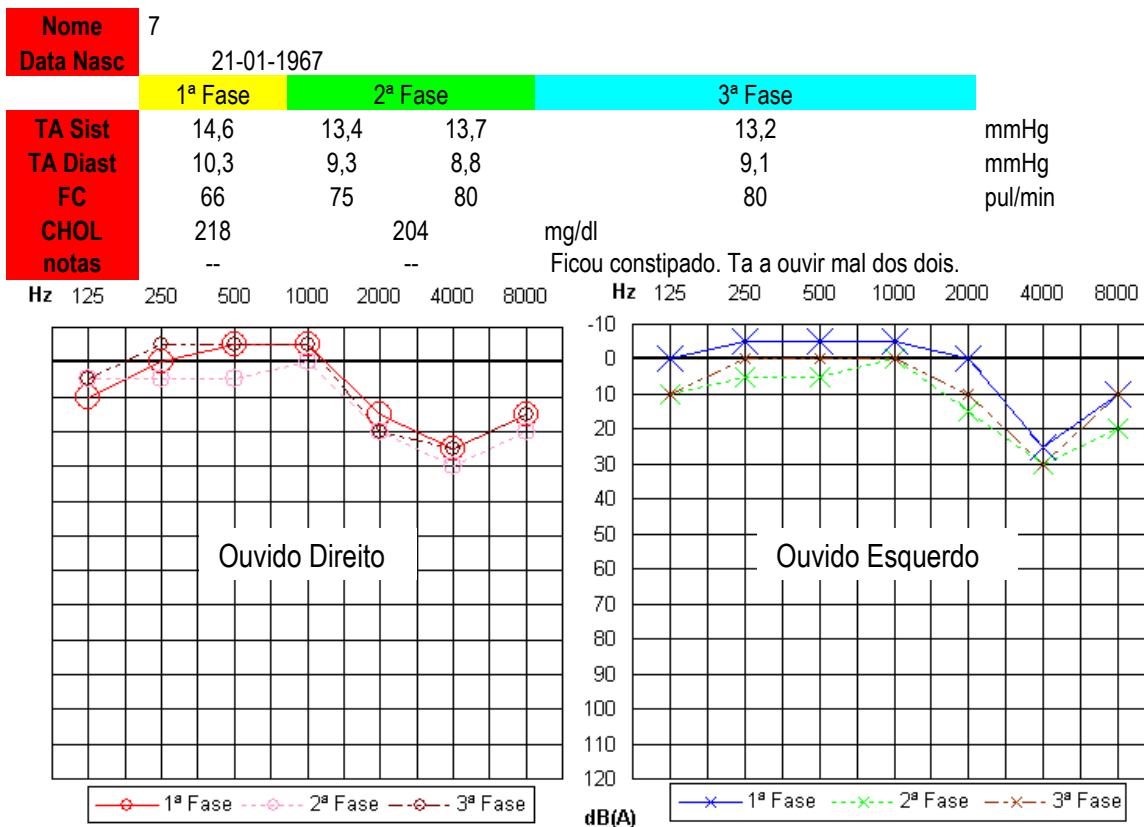


Nome	5				
Data Nasc	13-09-1983				
	1ª Fase	2ª Fase		3ª Fase	
TA Sist	10,8	11,2	11,2	10,8	mmHg
TA Diast	6,6	6,4	6,2	6	mmHg
FC	72	68	66	68	pul/min
CHOL	234	155			mg/dl

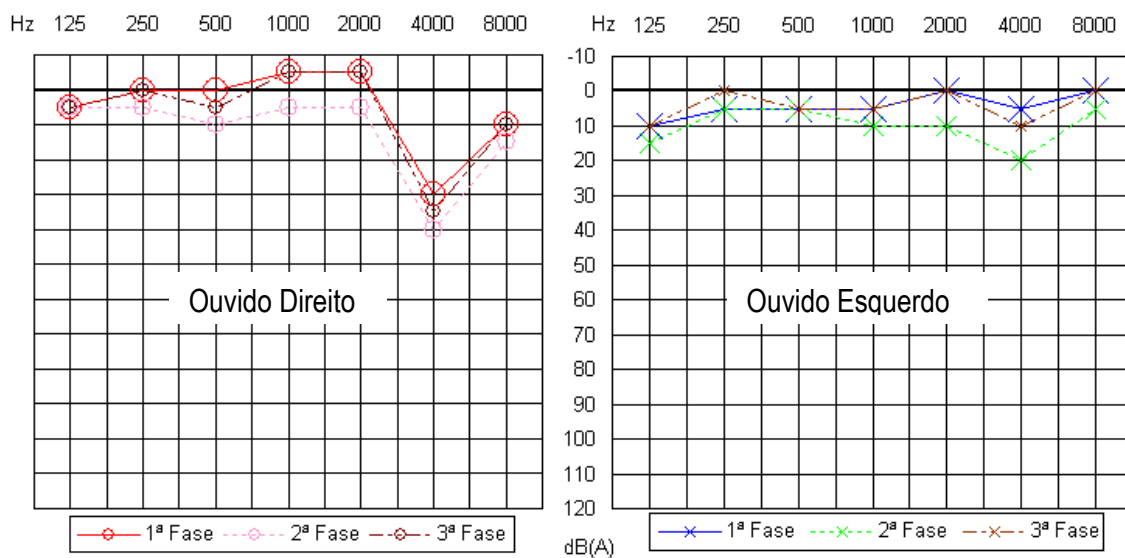


Nome	6				
Data Nasc	28-07-1975				
	1ª Fase	2ª Fase		3ª Fase	
TA Sist	11,9	11,2	11,6	12,5	mmHg
TA Diast	7,8	7,9	8	7,9	mmHg
FC	86	84	96	98	pul/min
CHOL	149	149			mg/dl

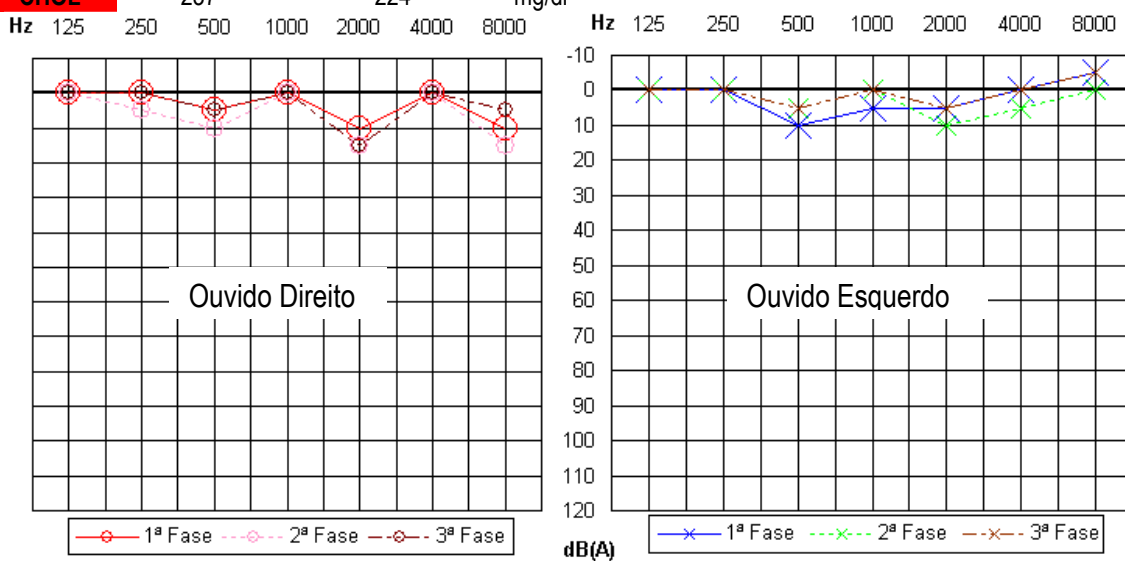




Nome	9				
Data Nasc	01-12-1974				
	1ª Fase	2ª Fase			3ª Fase
TA Sist	12,4	13,1	11,3	13,7	mmHg
TA Diast	8,6	9,1	7,4	8,8	mmHg
FC	83	78	74	78	pul/min
CHOL	241	235			mg/dl
Notas	--	Queixa de que ouvido esquerdo está mais sensível			--

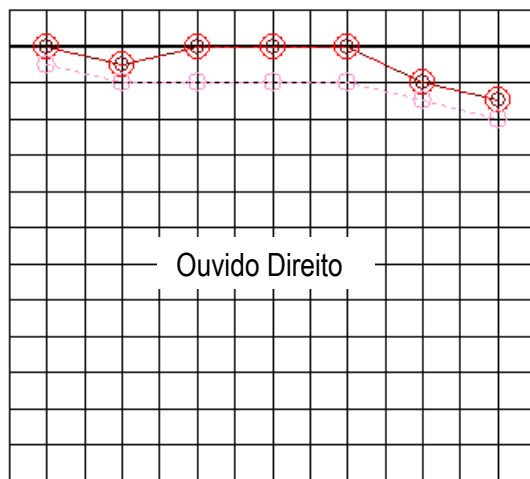


Nome	10				
Data Nasc	21-07-1975				
	1ª Fase	2ª Fase			3ª Fase
TA Sist	12,7	12,7	12,7	13,1	mmHg
TA Diast	7,5	8,5	7,9	8	mmHg
FC	91	80	79	93	pul/min
CHOL	237	224			mg/dl



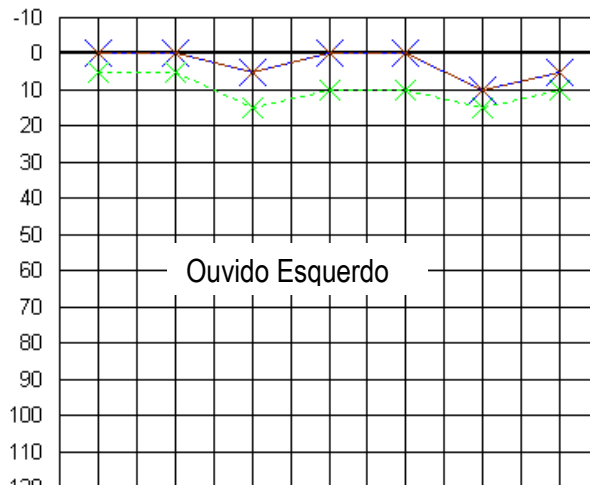
Nome	11				
Data Nasc	11-02-1975				
	1ª Fase	2ª Fase		3ª Fase	
TA Sist	11,9	11,8	11,9	11,6	mmHg
TA Diast	7,5	7,5	6,9	7,0	mmHg
FC	78	75	75	78	pul/min
CHOL	186	188		mg/dl	

Hz 125 250 500 1000 2000 4000 8000



—○— 1ª Fase - - -○- - 2ª Fase - - -○- - 3ª Fase

Hz 125 250 500 1000 2000 4000 8000



—x— 1ª Fase - - -x- - 2ª Fase - - -x- - 3ª Fase